Ing. IVAN KLEMENČIĆ

OPTIMALNA GUSTOĆA ŠUMSKIH PROMETALA

NAKLADA
ŠUMSKO-INDUSTRISKOG PREDUZEĆA »ŠIPAD« A. D.

SARAJEVO 1939
Štamparija Dušan P. Dozet

SADRŽAJ

A) OZNAKE

P = površina šume, za koju se računa optimalna gustoća, u m².

M = drvna masa za otpremu na površini P u m³.

a = gustoća drvne mase za otpremu na površini 1 m², u m³.

$a_1, a_2 \ldots$ = razne gustoće drvne mase na 1m² u m³.

T_p = težište plohe.

T_m = težište drvne mase.

$T_1, T_2 \ldots$ = težišta pojedinih ploha (linija).

T = težište jedne veće šumske plohe ili više linija.

$t_1, t_2 \ldots$ = udaljenosti težišta $T_1, T_2 \ldots$ od pruge u metrima.

D = težište mase za otpremu na pruzi.

d = dužina šumskih pruga u metrima.

$d_1, d_2 \ldots$ = pojedine dužine šumskih pruga u metrima.

d_r = optimalna dužina produktivnih pruga na ravnom terenu u metrima.

d_k = optimalna dužina produktivnih pruga na kosom terenu u metrima.

d_e = ekonomična dužina koturače u metrima.

I = ukupni troškovi izvlačenja (ovisni i neovisni o dužini puta) na plohi P u Din.

I_o = ukupni ovisni troškovi izvlačenja u Din.

i = trošak izvlačenja po 1m³ na udaljenost 1m u Din.

i_1 = trošak izvlačenja niz brdo po 1m³ na udaljenost 1m u Din.

i_2 = trošak izvlačenja uz brdo po 1m³ na udaljenost 1m u Din.

G = ukupni troškovi gradnje produktivnih i mrtvih pruga na plohi P u Din.

g = prosječni trošak gradnje produktivnih pruga za 1m dužine u Din, kome je dodat odgovarajući procenat za mrtve pruge.

g_1 = prosječni trošak gradnje 1m koturače u Din.

g_2 = prosječni trošak gradnje 1m parne pruge u Din.

V = ukupni troškovi transporta (ovisni i neovisni o dužini puta) na plohi P u Din.

V_o = ukupni ovisni troškovi transporta u Din.

v = trošak transporta za 1m³ na udaljenost 1m u Din.

v_1 = trošak transporta koturačom na 1m u Din.

v_2 = trošak transporta parnom prugom na 1m u Din.

x = prosječna širina pojasa šume, kojeg pokuplja pruga, u metrima.

x_r = optimalna širina pojasa šume, kojeg pokuplja pruga na ravnom terenu, u metrima.

x_k = optimalna širina pojasa šume, kojeg pokuplja pruga na kosom terenu, u metrima.

$x_1, x_2 \ldots$ = dijelovi širine x, u metrima.

Y = ukupni troškovi otpreme u Din.

Y_o = ukupni ovisni troškovi otpreme u Din.

k_i = stalan trošak izvlačenja po 1m³, u Din.

k = stalan trošak transporta po 1m³, u Din.

k_1 = stalan trošak transporta koturačom po 1m³, u Din.

k_2 = stalan trošak transporta parnom prugom po 1m³, u Din.

k_c = stalan i ovisan trošak transporta čekrkom (uspinjačom, traktorskom prugom . . .) po 1m³, u Din.

u = trošak utovara ili pretovara po 1m³, u Din.

p = omjer među udaljenošću težišta D od kraja spojne pruge i među ukupnom dužinom pruga d.

p_1 = omjer među udaljenošću težišta T_m od pruge i među cijelom širinom pojasa šume x.

p_u = omjer između mase, koja se pretovara i ukupne, koja se otprema.

r = prosječna gustoća produktivnih pruga po 1ha u m.

C = troškovi gradnje čekrkove pruge (uspinjače . . .) montiranje kočnice, gradnje kućice, zajedno sa troškom demontiranja cijelog postrojenja, u Din.

U slikama upotrebljeni znakovi:

Pad terena u smjeru strijelice.

Horizontalni teren.

Smjer izvlačenja odnosno transporta.

Oznaka šumske površine.

Mašinska pruga.

Koturača.

Uspinjača.

Čekrk.

Traktorska pruga.

Slog.

Stanica.

B) UVOD

Od 1900 do 1911 god. eksploatisalo je Šumsko-industrisko preduzeće Otto Steinbeis na području Grmeča odjele od broja 1 do 13, koji leže oko Pločevca, Perijanovca i Crnog Vrha (1604 m n. m.). Preduzeće je koristilo samo jelu i omoriku, dok je bukva ostala u sječinama.

1932 god. je preduzeće „Šipad", nasljednik preduzeća Otto Steinbeis, preliminisalo bukovinu u gore spomenutim odjelima.

Dobio sam zadatak, da odredim koje od starih pruga, što su bile već oparane i zarasle sa podmlatkom, a prolazile kroz ove odjele, treba o b n o v i t i, to jest ponovno im popraviti donji ustroj i izgraditi gornji. Nadalje, šta treba da se izgradi sasvim nanovo, jer su se međutim promjenile glavne izvozne pruge. Preduzeće Steinbeis spuštalo je svu drvnu masu preko tri čekrka u Sanicu te njom plavilo, odnosno splavarilo do pilane u Dobrljinu. Tek kasnije bilo je povezano područje Grmeča sa jednim čekrkom i parnom prugom na željeznicu Prijedor—Knin.

Preliminisani odjeli za bukovinu imali su ukupnu površinu 890 ha. Sječe, koje su bile provedene sa intenzitetom 16% do 50%, trajale su par godina i dale su svega 98.502 erarnih kubika drvne mase. Od toga je cca. 10% drvne mase ostalo u šumi kao otpadak. Samo 6% bukovine izrađeno je u balvane, a ostalo u ogrevno drvo zbog lošeg kvaliteta bukovine, koja na tim visinama stvara veliko crveno srce. U svemu je došlo na obnovljene pruge samo 88.600 m³ bukovine za otpremu.

Preduzeće Steinbeis izgradilo je na površini od 890 ha 9.1 km parnih pruga, šest čekrka u ukupnoj dužini od 2.6 km i 21.3 km koturača. Svega 33 km pruga. Preduzeće Steinbeis moglo je kod gradnje pruga računati sa masom za otpremu sa 300 m³

po hektaru ili sa barem 200 m³/ha, ako je kalkulisalo samo sa četinarima. Međutim 1932 god. moglo se uzeti da će na obnovljene pruge doći samo 100 m³/ha bukovine.

Tako je preduzeće Steinbeis imalo na toj površini mnogo više drvne mase od »Šipada«, ali i veće troškove za novogradnje cijele transportne mreže. »Šipad« je morao ovu mrežu samo o b n o v i t i, što je daleko jeftinije.

Nastalo je pitanje, koliko treba ovih pruga obnoviti, da bi za preduzeće bila što jeftinija eksploatacija. Što bi se manje pruga obnovilo, u toliko bi bila ta obnova jeftinija, a isto tako i stransport na istima, ali bi zato poskupili troškovi izvlačenja. Ako se ne izgradi uopće ni jedna pruga, troškovi gradnje i transporta nestaće sasvim, dok će se troškovi izvlačenja nesrazmjerno uvećati. Ako se opet izgradi toliko pruga, da one dođu svakome stablu — što je teoretski moguće — to bi se troškovi izvlačenja reducirali na nulu, dok bi troškovi gradnje i transporta postigli neekonomsku svotu. Kako dakle da se odredi mreža pruga, da bi ukupni troškovi otpreme bili minimalni?

Tražeći riješenje ovog zadatka u stručnoj, meni pristupačnoj literaturi, mogao sam samo utvrditi, da ona ne spominje ovaj problem.

Razmišljanjem i računanjem došlo se do zaključka, da će ukupni troškovi otpreme biti minimalni, kad troškovi izvlačenja — ovisni o dužini puta — budu jednaki troškovima gradnje i transporta na prugama, koji su isto tako ovisni samo o dužini pruga.

Prema tom principu podjeljena je površina od 890 ha na manje plohe, te je za svaku posebno određivano računanjem, koja je pruga ekonomična za obnovu, a koja nije. Iz ovih je računa izašlo, da treba obnoviti 9.1 km parnih pruga, tri čekrka u dužini od 1.2 km i 10.8 km koturača. Osim toga da treba na novo izgraditi 0.86 km koturača. Tako je obnovljena mreža imala ukupnu dužinu od 22 km, dok je stara bila dugačka 33 km. Na staru je mrežu otpadalo po 1 ha barem 200 m³ drvne mase za otpremu, a na novu samo 100 m³/ha.

U slijedećem izlaganju nastojaćemo ova mišljenja matematski objasniti, kako bi se pronašla pravila, koja bi traseru

omogućila određivanje optimalne gustoće prometala kod eksploatacije šuma.

Tom zgodom zahvaljujem kolegi gospodinu ing. Pavlu Vujiću za izradu slika i korekciju rukopisa. Hvala i svima onima, koji su sa sakupljanjem podataka ili svojim postrekom doprinijeli ovome radu.

U znak zahvalnosti posvećujem ovo malo djelo vele-poštovanom gospodinu J o v i M e s e l d ž i ć u, direktoru „Šipada", koji mi je omogućio zaposlenje kod gradnje šumskih prometala i ujedno me pomogao u nastojanjima, da dođemo do ekonomične transportne mreže, te mi je dao i prilike za pisanje ovih redaka.

C) OBJAŠNJENJE NEKOJIH NAZIVA.

Rijetko se nađe, da je prerada i potrošnja drveta u blizini šume. Prije nego se otpočne sa eksploatacijom treba šumu vezati ili s p o j i t i sa mjestom prerade i potrošnje. Od raznih transportnih sretstava — vodeni put, suvi put, pruga, žičara, itd., — odabire se ono najekonomičnije, koje će spajati šumu sa mjestom potrošnje (i pilana se može smatrati u nekom pogledu kao mjesto potrošnje). Odabrano transportno sretstvo zove se s p o j n a ž i l a (spojna pruga, glavni izvozni put). Kao s p o j n a ž i l a može da služi put, cesta, željeznica, riže, vodni tokovi, čekrci, uspinjače, žičare itd.

Da se izabere najbolja spojna žila, izračunaju se varijante, t. j. koliko će koštati gradnja i transport na pojedinim prometalima imajući u vidu kamate za pojedine investicije. Od raznih varijanata izabere se ona najpovoljnija. Varijante, čiji je kapicitet manji od godišnjeg etata šume, prirodno je, da ne mogu doći u obzir kod kalkulacija.

Kad se odredi spojna žila, pređe se određivanju transportne mreže u š u m i samoj. Pošto su transportna sretstva u šumi ona, koja drvnu masu pokupljaju, to ih zovemo p r o d u k t i v n a transportna sretstva. To su sve one dužine vodenih tokova, puteva, pruga itd., na koje se može drvna masa izvlačiti. Otuda se ubacuje drvna masa u vodu, utovara na kola, saone, vagone i otprema dalje produktivnom i spojnom žilom do mjesta potrošnje.

Osim produktivnih transportnih sretstava postoje i takova, koja su za transport robe nužno potrebna, ali ona ne smanjuju troškove izvlačenja. Zbog svoje pasivnosti na te troškove, zvaćemo ih m r t v a transportna sretstva. Mrtva su transportna sretstva ona, koja idu na kosom terenu više manje okomito na slojnice, jer ne pokupljaju drvnu masu. Na njih se drvna masa ne izvlači, jer se ne može tamo utovarati. Čekrci, uspinjače, žičare su mrtva transportna sretstva.

Da bi otpalo stalno nabrajanje raznih prometala, govoriće se u buduće samo o šumskim željeznicama, a utvrđeni osnovni principi važiće i za ostala šumska prometala.

I pruge koje idu pararelno sa slojnicama, mogu biti djelomično mrtve za izvlačenje na pr. u većim usjecima i nasipima, na koja mjesta nije moguće izvlačenje balvana. Dalje su na prugama svi stanični kolosjeci — osim glavnog — mrtve dužine.

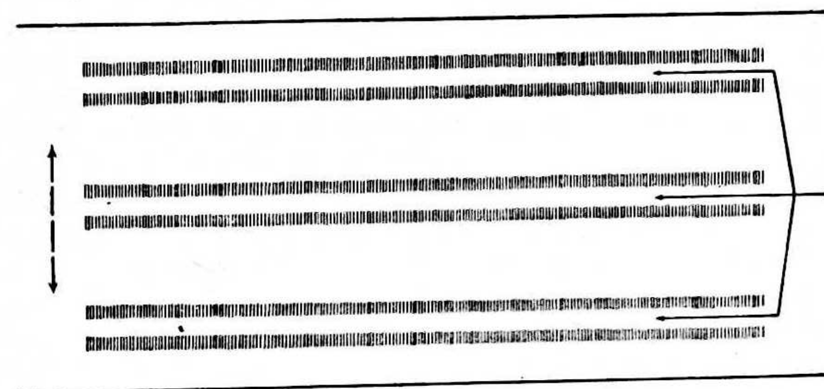
Pojam mrtvih dužina stvoren je obzirom na troškove izvlačenja drvne mase. Tako možemo definisati: Sve one dužine prometala su mrtve koje ne pojeftinjuju troškove izvlačenja. Ako, na pr., prolazi čekrk uz izvjesnu drvnu masu, a ista se mora vući dalje na prugu koja leži niže, jer se na čekrku ne može utovarati, to je čekrk mrtvo transportno sretstvo. Netačna bi bila definicija: Produktivna pruga je ona, na koju se može izvući obližnja drvna masa, a mrtva je pruga ona, na koju se ta masa ne može izvući. I na stanične kolosjeke se može izvlačiti drvna masa, ali troškovi izvlačenja time ne pojeftinjuju, pošto na stanici ima više od jednog kolosjeka.

Šumske pruge su posebnost za sebe. Ni kod industrijskih, kao ni kod pruga javnog saobraćaja, nemožemo govoriti o produktivnim prugama nego samo o produktivnim i pasivnim stanicama. Na javnim prugama mogu se primati putnici i roba samo na pojedinim tačkama pruge, koje zovemo stanicama. Ostala dužina javne pruge je neproduktivna, mrtva; ona je samo potrošač novaca i vremena. Što je veća ova međustanična dužina, to je skuplja gradnja, transport i uzdržavanje pruge. Šumska spojna pruga može se sravniti sa ovom međustaničnom dužinom javne pruge. Dok je stanica kod javne pruge tako reći samo jedna tačka, to je šumska pruga više manje po cijeloj svojoj dužini stanica, gdje se utovara izrađena roba. Zato bi mogli produktivnu prugu zvati i staničnom prugom za razliku od mrtvih i spojnih pruga.

I mrtve pruge imaju iste osobine kao spojne ili javne pruge. Pošto leže u šumi na mjestu eksploatacije i imaju vezu sa produktivnim prugama, ostaće im dato ime, koje je potrebno zbog daljnjih promatranja.

Stime smo odjelili šumske pruge od sviju ostalih.

Kod poljoprivrede bi se našla mala sličnost sa produktivnim šumskim prugama. Kad se požanje žito, pokupe se snopovi u redove (slika 1),



Slika 1

među koje dolaze kola, da se na njih natovari snoplje. Što se manje redova napravi, to je nošenje snopova dugotrajnije, skuplje, ali zato jednostavnije kretanje kola i obrnuto. Razlika je pak, da na polju nije potrebno za kola graditi puta niti je snop (žito) teška, kabasta roba, čije nošenje u redove traži naročite izdatke.

Eksploatacija počinje obično na početku šume i napreduje postepeno sve dalje u unutrašnjost. Spojna pruga je na početku ona, koja ide do šume, dok su pruge u sječinama ili produktivne ili mrtve. Čim se eksploatacija na početku završi, oparaju se suvišne pruge, dok jedna ili više produktivnih pruga prelazi u spojnu prugu. Prva spojna pruga zove se početna (primarna) spojna pruga, a one, koje su bile najprije produktivne, zvaćemo ih naknadne (sekundarne) spojne pruge.

Spojna pruga odgovara pruzi za javni saobraćaj. Produktivna pruga ima osim transporta zadatak da pojeftini izvlačenje. Stručna literatura ne dijeli ova dva pojma. Ona govori generalno o šumskim prugama, imajući prvenstveno u vidu gradnju spojnih pruga. Produktivne pruge su zbog svojih velikih dužina i svoga dvostrukog zadatka mnogo važnije.

Spojne pruge su sa tehničkog stanovišta komplikovanije. Traže veće objekte zbog većih radiusa i povoljnog nagiba za transport velikih masa, jer se tu mora voditi više računa o jeftinom transportu nego o jeftinoj gradnji. Često prolaze privatnim zemljištem, što zadaje nove troškove i veliki kancelarijski rad. Ali spojne se pruge grade od vremena do vremena, dok se produktivne grade za svaki novi preliminar. Kod malih šumskih kompleksa igraju spojne pruge veliku ulogu, dok kod većih više podređenu. Tako je na pr. kod „Šipada" za 46 god. eksploatacije izgrađeno u svemu par stotina km. spojnih pruga, od toga samo cca 100 km početnih spojnih pruga (Knin-Oštrelj, Mijačica-Km 85-Km 96) a drugo otpada na naknadne spojne pruge. Međutim je bilo izgrađeno preko 3.000 km produktivnih pruga. Od ovih su mnoge kasnije služile kao naknadne spojne. Gornji broj pokazuje dovoljno jasno važnost produktivnih pruga.

Daljnja razmatranja biće posvećena samo produktivnim prugama i njihovoj optimalnoj gustoći. Spojne pruge spadaju u posebnu kalkulaciju prije eksploatacije.

Produktivne pruge, koje su istog sistema kao i spojna pruga, te su sa njom neposredno spojene, zovemo samostalne. Pruge koje su vezane čekrkom, traktorskom prugom, uspinjačom i slično na samostalnu ili spojnu prugu, zovemo ovisne pruge.

Prof. g. Dr. Ugrenović u svojoj Tehnici trgovine drvetom u poglavlju o iznošenju, dijeli iznošenje u dvije faze. Prva faza mu je koncentrisanje izrađenih produkata pored transportnih sretstava. Iznošenje se vrši već prema prilikama — nošenjem, vožnjom kolima, vučom, bacanjem, tumbanjem, valjanjem, kotrljanjem, spuštanjem, sankanjem, tociljanjem ili klizanjem. Mi ćemo prvu fazu iznošenja zvati izvlačenje, imajući u vidu prvenstveno šume na bezvodnom krškom planinskom terenu, kojeg u glavnom stvara rudistni krečnjak gornje krede, gdje se pretežni dio mase izvlačenjem koncentriše pored pruga. Neka preduzeća imaju posebne termine za izvlačenje balvana (na pr. dovoz), a posebne za izvlačenje cjepanica (na pr. izvoz). Za knjigovodstvo ima ovakva specifikacija svoje prednosti. Za daljnja razmatranja praktičnije je, da se poslužimo za gornje radove jednim izrazom t. j. izvlačenje.

U drugu fazu iznošenja spada rad, da se sakupljeni produkti krenu i iznesu do mjesta prerađivanja ili prodaje. U našem slučaju promatraće se rad i troškovi druge faze samo na produktivnim i mrtvim prugama, to jest od utovara drvne mase do dolaska iste na spojnu prugu. Ovaj rad zvaćemo: transport.

Troškovi izvlačenja, gradnje pruga i transporta su u međusobnoj vezi. Sve ove troškove označićemo sa izrazom troškovi otpreme, ali kako je rečeno u to nećemo uneti troškove spojne pruge. Troškovi otpreme mogu se dijeliti na one, koji su ovisni o dužini puta, i one, koji su neovisni ili stalni.

Pod optimalnom gustoćom šumskih prometala razumjeva se ona, kod koje su ukupni troškovi otpreme minimalni.

D) IZVLAČENJE

Izvlačenje je srazmjerno veliki trošak šumske produkcije. Zavisi od mnogo faktora:

1) od terena (gladak, kamenit itd.)

2) od nagiba (dali se izvlači niz brdo ili uz brdo i pod kojim nagibom).

3) od vremena (suvo, kišovito, mali ili veliki snijeg).

4) od količinę mase po 1 ha (što je gušća drvna masa, to dolazi manje troškova po 1m³ za izgradnju puteva).

5) od visine nadnice radnika i njihove stoke.

6) od sposobnosti akordanta, da posao organizuje.

7) od udaljenosti težišta drvne mase do pruge.

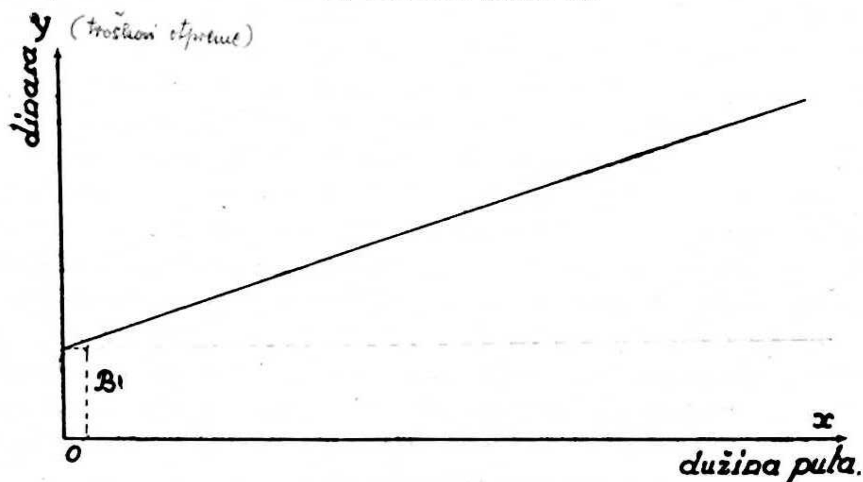
8) od vrste robe (jelovi, bukovi balvani, cjepanice itd.)

9) od stepena presušenosti robe (sirova, polusuva itd.)

10) na kršnom terenu još od broja vrtača i od mase, koja leži u njima.

Podaci knjigovodstva daju nam samo sliku rezultante troškova izvlačenja. O jačini gore spomenutih pojedinih komponenata ostavljaju nas sasvim neinformisane. Zato su potrebna posebna opažanja toga posla, što možemo nazvati analiza ili kronometrisanje izvlačenja.

Svaka otprema, pa i izvlačenje, sastoji se iz stalnih i o dužini puta ovisnih troškova. Grafički se prikazuje ovo pravilo pravcem, koji sječe ordinatu u izvjesnom otstojanju od početka koordinatnog sistema (slika 2).



Slika 2

Ako označimo troškove otpreme sa y, o dužini neovisne troškove sa B i ovisne troškove sa Ax to je

$$y = B + Ax \qquad 1)$$

S t a l a n trošak izvlačenja k_i sastoji se:

a) kod balvana: iz pravljenja obruba (šproncanja), ukopčavanja (udaranje kuka u balvan), otkopčavanja (izbijanje kuka), slaganja pored pruge, traženje balvana u snijegu, okretanje balvana, da tanji dio dođe naprijed, itd.

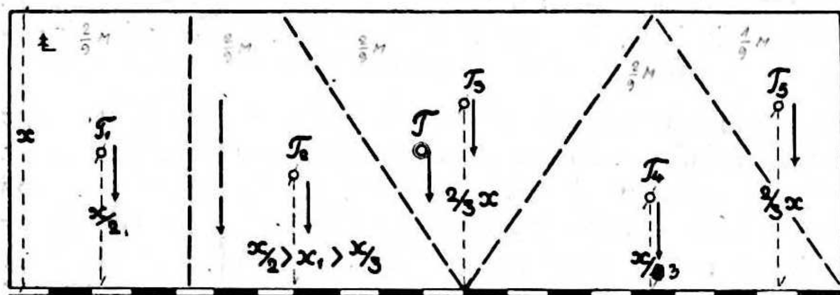
b) kod cjepanica: utovaranje cjepanica na samar konja, saonice, ili kola, istovar i slaganje istih i eventualno traženje istih u snijegu.

Ovi poslovi moraju se obaviti bez obzira na koju dužinu se vrši izvlačenje. Nekoji stalni troškovi daju se izbjeći, n. pr. traženje robe u dubokom snijegu, ali to ne uvijek. Kod vlastite kómore treba istu zaposliti i kod visokog snijega, da se konji preko zime ne bi badava hranili, s druge strane opet kod snijega je trenje malo, pa se jeftino izvlače teški balvani, što ima prednost osobito. ako ih treba vući uz brdo itd. Nekada se posao dijeli tako, da na lijepom terenu izvlače slabiji konji, koji predaju robu na težem terenu jačim konjima. Time se stalni trošak skoro podvostručava. Ovaj način može se dozvoliti samo nakon tačne kalkulacije, u kojoj se utvrdi, da ova podjela daje veće prednosti nego štete.

Slaganje pored pruge izbjegava se time, da se produkt odmah utovara na vagone. Time se smanjuje stalan trošak k_i. Ovaj način traži dovoljan vozni park i dobru organizaciju. Ako je roba kod toga sirova, manje kubika ide na vagon, što povećava troškove transporta. Rad u šumi je sezonski, a na pruzi stalan, pa treba slogove praviti i u sezoni, da bi mogla željeznica što jednakomjernije raditi cijelu godinu, kako to radi i pilana. Slogovi imaju važnu funkciju, izravnavaju nestalan šumski rad sa stalnim radom željeznice. Tu dolazi i pitanje kamata. Što manje vremena prođe od sječe do prodaje robe, to su gubici na kamatama manji a troškovi otpreme veći. Američki eksploatatori nastoje u prvom redu smanjiti vrijeme između sječe i prodaje robe. Kod nas je potrebno još mnogo rada, da se nađe optimalna brzina otpreme.

Ovisni troškovi izvlačenja mogu se utvrditi detaljnim studijem terena i radne snage. Ako se izvlačenje daje u akord na manjim plohama zvanim „linije“, treba svaku liniju posebno obići i utvrditi udaljenost težišta drvne mase T_m od pruge. Gdje je drvna masa jednakomjerno razasuta po cijeloj plohi, to će težište dotične plohe T_p odgovarati i težištu drvne mase T_m.

Kako upliviše forma plohe (linije) kod jednakomjerne gustoće drvne mase a na troškove izvlačenja, prikazuje slika 3.

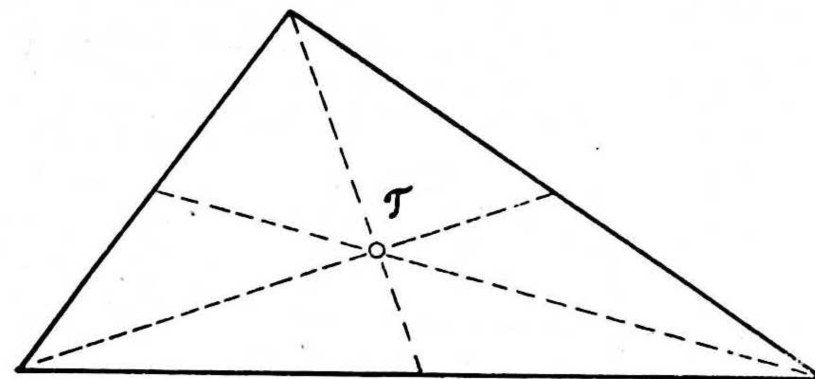


Slika 3

Slika prestavlja dio šume, koja je podijeljena na četiri linije sa istom drvnom masom $\frac{2M}{9}$ a peta sa pola manje mase $\frac{M}{9}$. Iako su svi ostali uslovi izvlačenja isti, ipak treba akordantima dati razne cijene po 1 m³ za izvlačenje. Prvi akordant će vući drvnu masu prosječno $\frac{x}{2}$ *m* daleko, drugi x_1 *m*, treći i peti $\frac{2x}{3}$ *m*, a četvrti samo $\frac{x}{3}$ *m*. Obično se sakupljaju podatci, koliko staje izvlačenje kod linija dugačkih 100, 200, 300 .... m. Pogrešno bi bilo, kad bi se kod izdavanja novih linija primjenili samo ovi podaci, jer bi u tom slučaju jedan akordant mogao imati preveliku a drugi premalenu zaradu. Zato su upotrebljiva samo ona promatranja, koja vode računa o udaljenosti težišta drvne mase od pruge, a ne o dužini linije. Za trasera je dovoljno, da utvrdi ukupno težište T koje je $\frac{x}{2}$ *m* udaljeno od pruge. Isto vrijedi i za akordanta, koji bi preuzeo svih pet linija za izvlačenje.

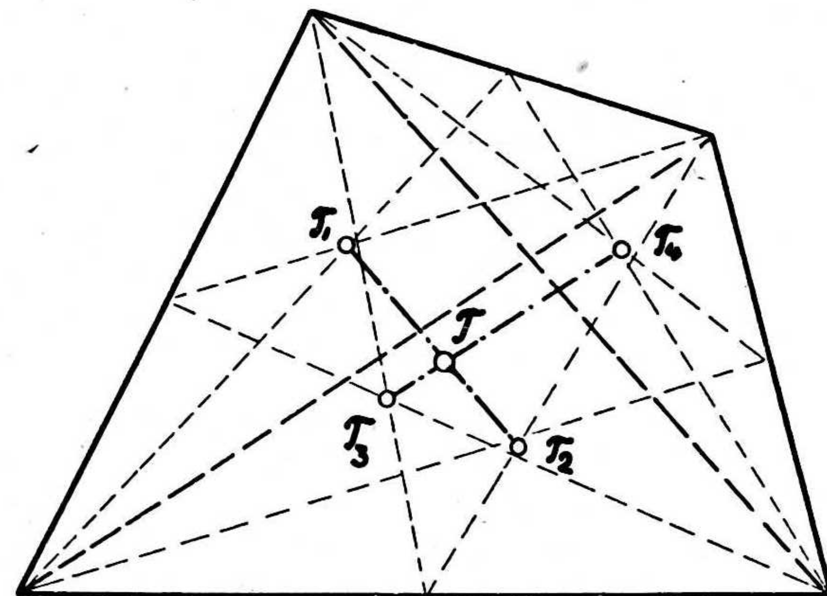
Težište plohe utvrđuje se grafički ili računski. Kod kvadrata i pravokutnika težište plohe nalazi se u presjecištu dijagonala.

Kod trokuta (slika 4) leži težište u presjecištu trokutovih središnjica ili težišnica.



Slika 4

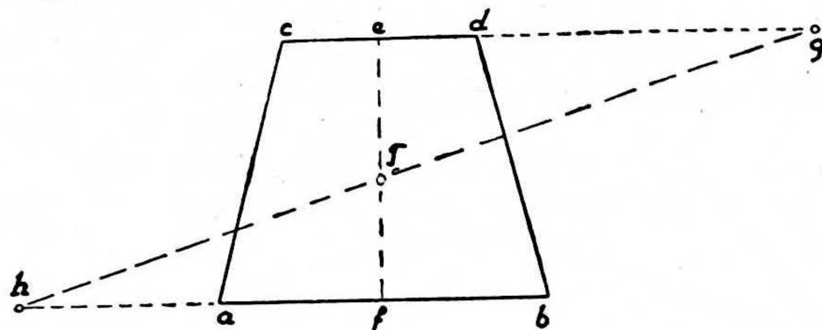
Nepravilan četverokut podijeli se dijagonalno na dva trokuta i potraži za svaki trokut težište T_1 i T_2 (slika 5).



Slika 5

Drugom dijagonalom podijeli se opet na dva trokuta sa težištima T_3 i T_4. Spajanjem T_1 T_2 i T_3 T_4 dobije se u presjecištu spojnica težište cijele plohe T.

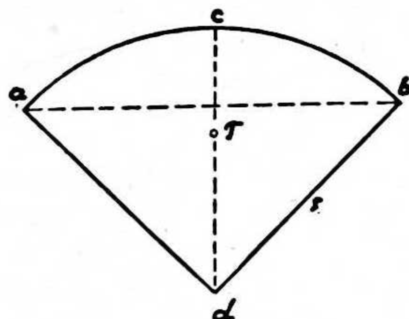
Kod trapeza, slika 6, povuče se srednjica $\overline{ef}$, od d nanese dužina stranice $\overline{ab}$ do $\overline{dg}$, od a nanese se stranica $\overline{cd}$ do ah.



Slika 6

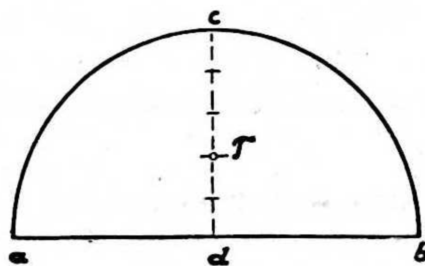
Presjecište srednjice $\overline{ef}$ i linija $\overline{hg}$ daje težište T. Ova je metoda najjednostavnija, traži samo dovoljno papira za crtanje.

Za kružni isječak, slika 7, odredi se težište po obrascu $y = \frac{2}{3} \frac{rt}{l}$ gdje je $y = \overline{dT}$, tetiva $t = \overline{ab}$, luk $l = \overline{acb}$ i polumjer $r = \overline{bd}$.



Slika 7

Za kružni odsječak, slika 8, odredi se težište dovoljno tačno, ako se $\overline{cd}$ podjeli na pet jednakih dijelova.

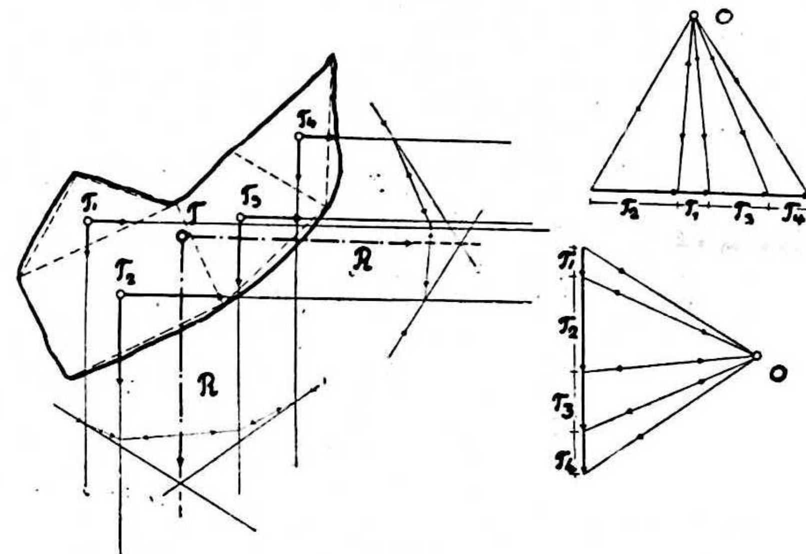


Slika 8

Težište se nalazi na $^2/_5$ dužine od tetive ili $^3/_5$ od luka.

Pravilni oblici su na terenu rijetki, ali će se u najviše slučajeva površina terena moći više manje svesti na jednog od spomenutih likova i po prednjem odrediti težište.

Komplikovanija šumska ploha podijeli se na više dijelova, za koje znamo odrediti težište (slika 9).



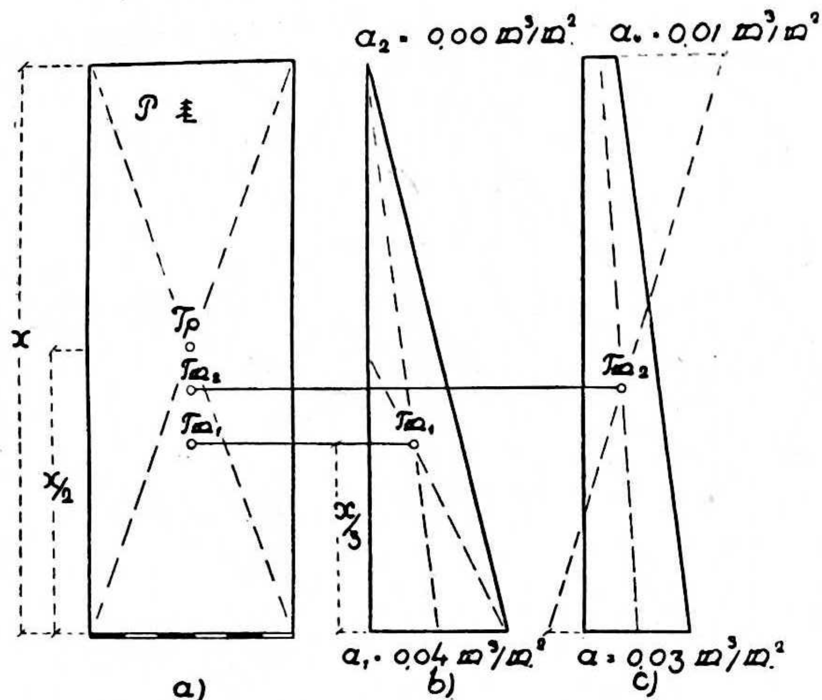
Slika 9

Iz pojedinih težišta nanesu se sile, koje odgovaraju po veličini svojim površinama. Rezultanta ovih sila ide kroz težište cijele plohe T. Ako sile okrenemo za izvjestan kut (n. pr. 90°) i ponovno potražimo rezultantu, to se T nalazi u presjecištu obiju rezultanata.

Treba imati na umu, da se težište plohe T_p nepoklapa uvijek sa težištem drvne mase T_m. Tako na kosinama, koje su u blizini granice šumske vegetacije, gustoća mase opada prema vrhu sve više, dok sasvim ne isčezne.

Gustoća drvne mase a prikazuje se u kubičnim metrima na jedinicu plohe $1 m^2$. Zbog daljnjih računa potrebno je uzeti za jedinicu $1 m^2$ mjesto uobičajenog 1 ha. Pod gustoćom drvne mase misli se uvijek samo masa, koja će se otpremiti iz šume. Ako dolazi n. pr. za otpremu 300 m^3/ha, pisaćemo, da je gustoća 0.03 m^3/m^2.

Na pravokutnoj plohi P, koju poduhvata pruga, pada gustoća postepeno od $a_1 = 0{\cdot}04$ m³ do $a_2 = 0{\cdot}00$ m³. Traži se težište drvne mase T_m, slika 10 a i b.

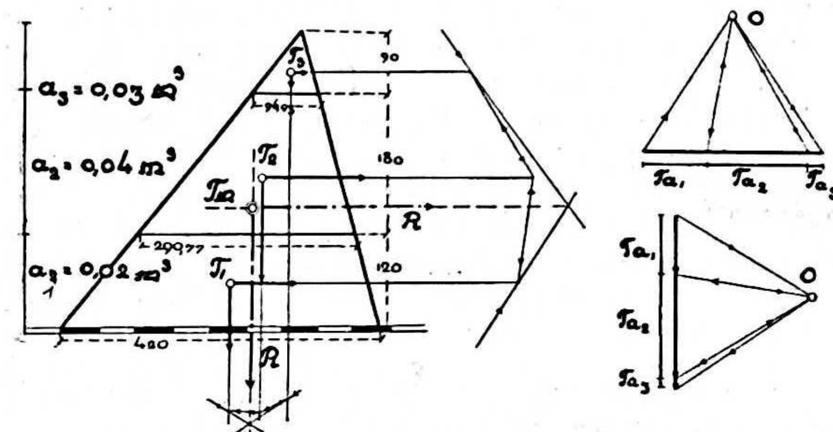


Slika 10

Na pravac dužine x, nanese se okomito pri dnu gustoća a_1, pri vrhu a_2, slika 10 b. Pošto je $a_2 = 0.00$, dobijemo trokut, kojeg težište leži $\frac{x}{3}$ daleko od pruge. Iz 10 b projiciramo težište na 10 a, da dobijemo mjesto gdje leži T_{m1}. U svakom slučaju, kada je $a_1 > 0$ i $a_2 = 0$ leži težište T_{m1} $\frac{x}{3}$ daleko od pruge, ako masa pada jednakomjerno i ako je ploha pravokutnik. Za slučaj, da je i $a_2 > 0$ sliku gustoće pretstavlja trapez, slika 10 c. Utvrđivanjem njegovog težišta T_{m2} i projiciranjem istoga na plohu slike 10 a, odredi se za P težište kod gustoće, koja jednomjerno opada.

Za razne plohe i razne gustoće drvne mase na tim plohama, određujemo težište na slijedeći način: Pokusnim plohama utvrdimo na nekoliko mjesta gustoću mase. Za pojedine plohe izračunamo drvnu masu, te je nanesemo iz težišta dotičnoga

pojasa kao komponentu one jačine, koja odgovora masi tog pojasa. Kod tog suponiramo, da je masa u dotičnom pojasu jednakomjerno gusta. Više komponenata od više pojaseva sastavimo u rezultantu, koja ide kroz težište mase T_m. Iste komponente okrenemo za 90° i opet potražimo rezultantu. Presjecište rezultante na os x i druge na os y je traženo težište T_m. U slici 11 prikazan je jedan slučaj plohe trokutnog oblika, gdje je gustoća mase različita.



Slika 11

$$T_{a1} = \frac{420 + 290{\cdot}77}{2} \times 120 \times 0{\cdot}02 = 853 \text{ m}^3$$

$$T_{a2} = \frac{290.77 + 96{\cdot}93}{2} \times 180 \times 0{\cdot}04 = 1396 \text{ m}^3$$

$$T_{a3} = \frac{96{\cdot}93 \times 90}{2} \times 0{\cdot}03 = 131 \text{ m}^3$$

Ukupna masa iznosi 2.380 m³ na plohi od 81.900m². Kad bi bila masa jednako porazdijeljena, težište T_m bi se poklapalo sa T_p.

Ovo, što smo spomenuli o težištu mase, važi u prvom redu za onoga, koji radi kod izvlačenja, akordira i nadzire

isto. I šumski traser mora znati, da ovi problemi u šumi postoje, kako bi svrsishodnije položio produktivnu mrežu.

Traser se bavi sa određivanjem drvne mase za otpremu prije nego je ista izrađena u sortimente. Za temelj mu služe knjige privrednog plana, iz kojih vidi, koliko hektara i kubika imaju pojedini odjeli, kakva je sastojina po vrsti drveća i po starosti i sa kakvim intenzitetom će se provesti sječa. Na osnovu mase po 1 ha i intenziteta sječe izračuna preliminisanu masu. Šumske uprave provedu doznaku stabala, koja će se rušiti. Doznačena masa može biti jednaka preliminisanoj, ali zbog netačnosti privrednih planova, ona može ispasti i veća ili manja od preliminisane. Od doznačene mase ostavljaju se u šumi otpatci, a to je sve ono, što nije sposobno za preradu ili prodaju, odnosno što ne podnosi troškove otpreme. Zato je masa za izvlačenje odnosno masa za otpremu uvijek manja od doznačene mase. Koliko će otpadaka ostati u šumi, zavisi o kvalitetu sastojine i o prilikama na drvnom tržištu. Traser mora biti o ovim prilikama informisan.

Loše uređene šume vrlo štetno uplivišu na sav šumski rad, pa i na gradnju prometala. Sve su kalkulacije nepouzdane, jer u svaku dolazi količina drvne mase, koju pretstavlja nesiguran broj kubika. Isto vrijedi i za netačne površine. Traser se mora u najviše slučajeva osloniti na knjige privrednog plana, pa će moći ekonomično položiti transportnu mrežu samo tamo, gdje su šume dobro uređene.

O dužini puta ovisne troškove utvrđujemo ili direktnim promatranjem izvlačenja na terenu — kronometrisanjem ili indirektno, ako su nam poznati ukupni troškovi I i stalan trošak po 1 m^3 k_i, udaljenost težišta mase od pruge t kao i količina izvežene mase M.

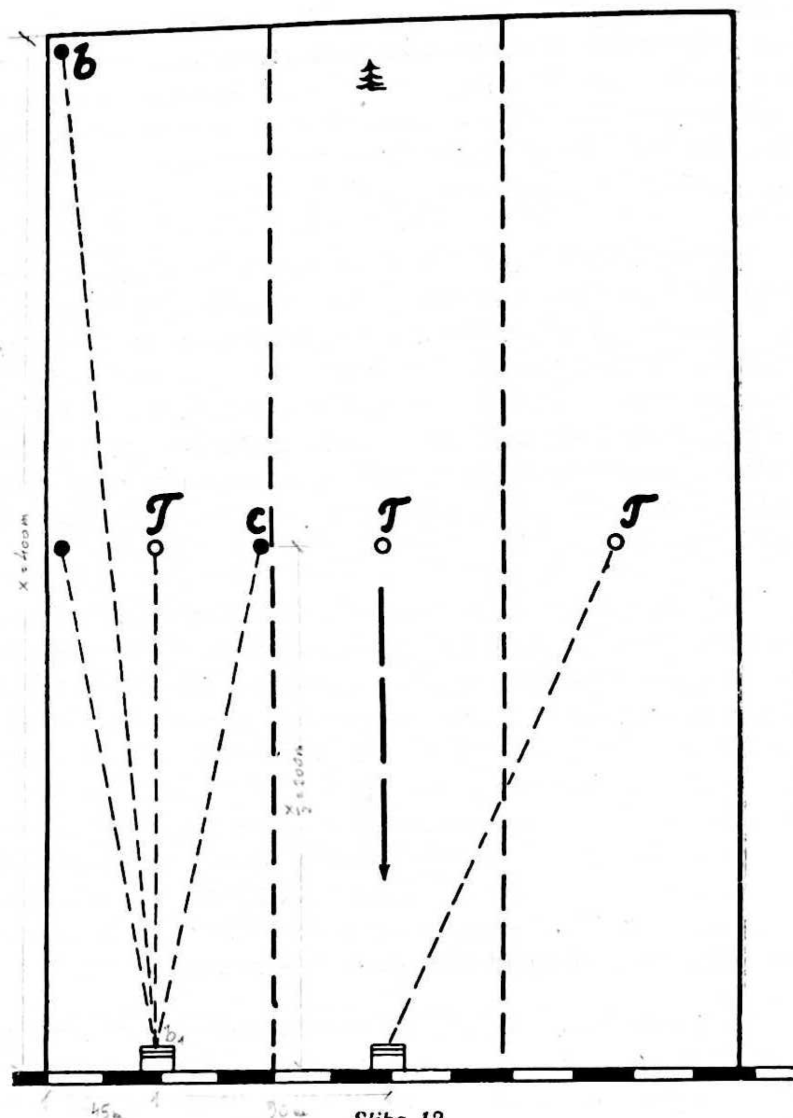
Kod direktnog promatranja na putu izvesne dužine treba pronaći, koliki je trošak za 1 m^3 određenog sortimenta na dužini puta od 1 m. Za daljnje račune nije dovoljno znati ovaj trošak na stvarnom putu izvlačenja, jer je obično ovaj duži od idealnog puta, koji ide od težišta T_m okomito na prugu. Trošak l treba uvijek reducirati na idealan put, to je na zračnu liniju, koja spaja težište T_m sa prugom. Mjerenjem stvarnih i idealnih puteva na kršnom terenu našli smo omjer 108 : 100 kao donju granicu i 128 : 100 kao gornju granicu. Prosječno je došlo na 100 m idealnog puta 120 m stvarnog puta. Iz toga se vidi da je l promatran na stvarnom putu uvijek manji od l na idealnom putu, jer je $\frac{Din}{120} < \frac{Din}{100}$.

Trošak l zavisi i od sortimenta, koji se izvlači. Na kršnom terenu našli smo slijedeći omjer: Ako označimo za jelove balvane ovaj trošak sa l, iznosi kod bukovih balvana uz iste ostale prilike 1.53 l, kod bukovih cjepanica 0.63 l, a kod čamovih cjepanica 0.43 l. Ako se balvani izvlače ljeti, trošak l je za 20% skuplji od izvlačenja za vrijeme malog snijega. Po opažanjima g. Glavadanovića izvlačenje volovima u ljetno doba je jeftinije od izvlačenja sa konjima. Kod tanjih sortimenata, bosanski konj je jeftiniji od teškog konja (Pinzgauera).

Dužina realnog puta ovisi o gustoći slogova (stovarišta, utovarišta, slagališta) pored pruge. Što je manji međusobni razmak slogova, to je put kraći i izvlačenje jeftinije. Slog za balvane pretstavlja jedan izvjesan trošak jer treba izraditi pod u visini poda vagona, da se mogu balvani lakše utovarati. Zato se slogovi nemogu praviti pregusto naročito još tamo gdje ima malo mase za otpremu, jer i ovaj trošak ide na teret izvlačenja. Na kršnom terenu „Šipada" prave se slogovi za balvane u boljim sječinama na razmaku 70 do 110 m ili prosječno na 90 m. Kod slogova ogrijevnog drveta, pošto se nepravi nikakav pod za utovar, razmak je mnogo manji.

Veći nasipi i usjeci pruge onemogućavaju izvlačenje na ta mjesta i pravljenje slogova pored pruge. One nepristupačne dužine morali bi smatrati kao mrtve pruge, ali pošto su slogovi na većem razmaku nego su dužine usjeka ili nasipa jedne šumske pruge, to smatramo i ove dijelove kao produktivnu dužinu pruge, da stvar ne bi bez potrebe komplikovali.

Slika 12 pokazuje, kako razmak slogova upliviše na dužinu puta.



Slika 12

Uzet je razmak slogova 90 m, a širina pojasa šume $x = 400$ m. Sortimenat, ležeći na gornjem lijevom kraju pojasa kod *b* vući će se $\sqrt{400^2 + 45^2} = 402$ m daleko. Krajnji sortimenti lijevo i desno od težišta kod *c* prevaliće put od $\sqrt{200^2 + 45^2} = 205$ m. Ako ima svaka linija, svaki akordant, svoj slog, vuče se u pravcu prosječno 200 m. Ako bi svaka druga linija imala slog, akordant bez sloga treba tada da vuče $\sqrt{200^2 + 90^2} = 220$ m daleko. Iz

toga proizlazi, da i za gustoću slogova postoji jedan optimum, koji zavisi od troškova gradnje poda, količine i gustoće drvne mase i troškova izvlačenja.

U niže navedenoj skrižaljci sastavljeni su podaci za k_i i i kod raznih nagiba, izraženi u minutama vremena. Prema visini nadnica u raznim krajevima za radnike i konje može se skrižaljka izraditi u novcu. Podaci su svedeni na idealan put, na izvlačenje po zračnoj liniji.

SKRIŽALJKA O IZVLAČENJU JELOVIH BALVANA

A) OD PUTA NEOVISAN TROŠAK

Kopčanje i otkopčavanje po 1 m³			Slaganje po 1 m³		
ljudi	konji	ukupno	ljudi	konji	ukupno
minuta			minuta		
38	27	65	25	21	46

B) O PUTU OVISAN TROŠAK

Izveženo za vrijeme promatranja		Nagib		Izvlačenje 1 m³ jelovine na 1 m dužine		
				ljudi	konji	ukupno
m³	na duž.	pad	uspon	minuta		
150.7	194	+ 7 %	—	0.236	0.140	0.375
171.7	165	+ 4 %	—	0.207	0.187	0.394
59.9	121	+ 2 %	—	0.316	0.219	0.534
9.5	89	—	— 2%	0.693	0.523	1.216

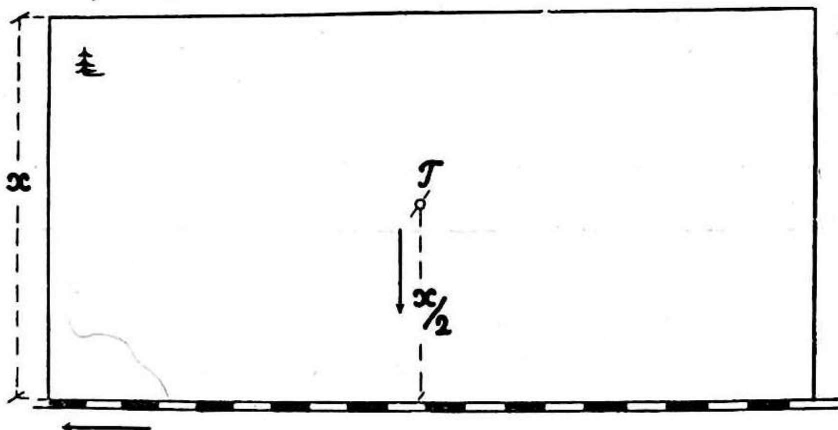
Podaci za tabelu dobiveni su promatranjem izvlačenja na dobro humoznom ali plitkom tlu na krečnjačkoj podlozi. Tlo je bilo vlažno. Površina puteva je bila pokrivena blatom, te otpacima kore i granja, a mestimično je izbijao i kamen. Broj ljudi i konja bio je u partiji promjenljiv. Izvlačilo se sa bosanskim konjima I. klase. Izvlačenje je bilo dato u akord.

U stručnoj literaturi troškovi izvlačenja na kršnom terenu nisu obrađeni. Försterovi podaci u knjizi „Das forstliche Transportwesen" nemogu se upotrjebiti na kršnom terenu. Gornja skrižaljka je tek početak nastojanja, da se dođe do podataka koji će odgovarati terenu, na kome raste pretežni dio jugoslavenskih šuma.

Da bi izbjegli ponovna objašnjavanja pojedinih računskih znakova, koje ćemo u slijedećim obrascima upotrebljavati, definisali smo ih odmah na početku ove rasprave.

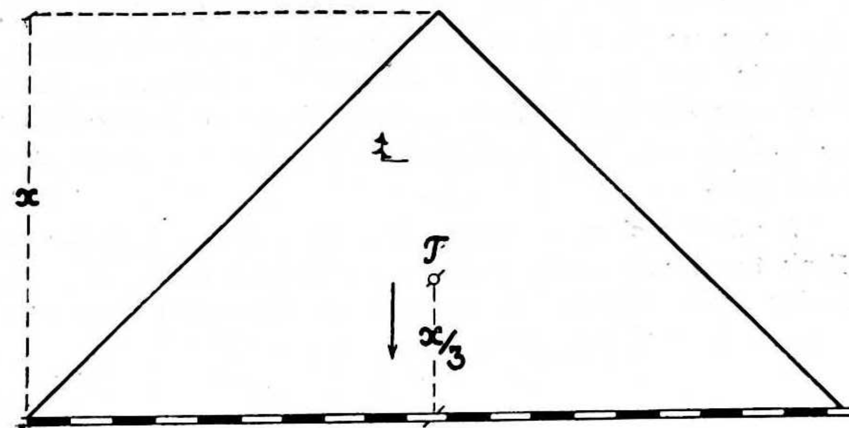
Troškove izvlačenja na jednoj kosi, slika 13., koju pokuplja pruga i na kojoj je jednakomjerna gustoća drvne mase, dobijemo tako, da multiplikujemo masu sa stalnim troškom k_i dodamo tome o putu ovisan trošak $\frac{M\,i\,x}{2}$ (masa $\times$ trošak izvlačenja 1 m³/m $\times$ udaljenost težišta) u znacima:

$$I = M\,k_i + \frac{M\,i\,x}{2} \qquad 2)$$



Slika 13

Kod trokutne forme šumske plohe, slika 14,

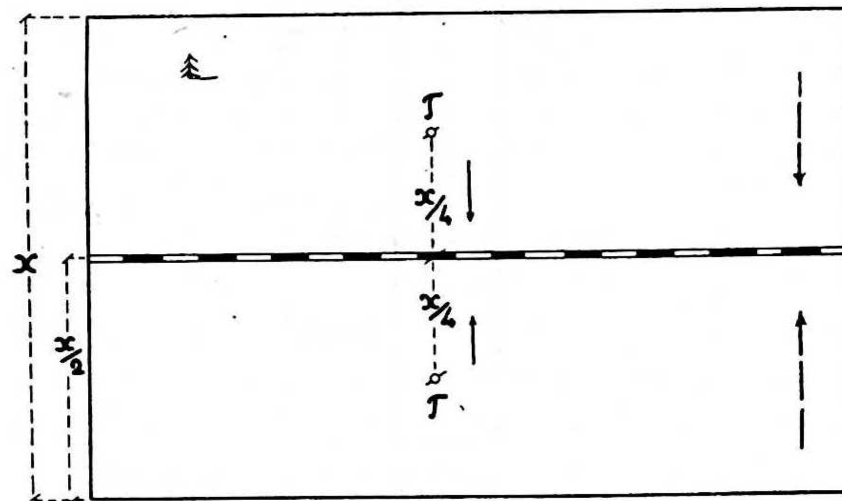


Slika 14

glasiće obrazac: $I = M\,k_i + \frac{M\,i\,x}{3}$ 3)

Na ravnoj šumskoj plohi, slika 15, kojom prolazi kroz sredinu pruga, troškovi izvlačenja biće:

$$I = M\,k_i + \frac{M\,i\,x}{4} \qquad 4)$$



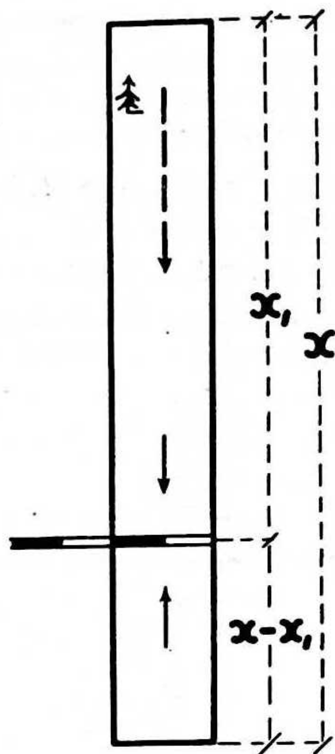
Slika 15

Ako označimo udaljenost težišta od pruge sa t, a kvocijent $\frac{t}{x} = p_i$, dobijemo opću formulu za izvlačenje

$$I = M\,k_i + M\,i\,x\,p_i \qquad 5)$$

Na blažim kosama nastupa još slučaj, da se uži pojas ispod pruge izvlači uz brdo, a širi pojas iznad pruge niz brdo. Kako treba podijeliti sa prugom ovakvu kosu, da bi troškovi izvlačenja bili minimalni? Pošto stalni troškovi izvlačenja ostaju nepromjenjeni, to ćemo promatrati samo troškove ovisne o putu, da bi mogli ustanoviti da li treba masu izvlačiti uz brdo ili niz brdo.

Zamislimo si pojas šume, slika 16, koji je dugačak x m i širok 1 m, kojeg siječe pruga na otstojanju x_1 m od vrha. Mjenjanjem vrijednosti x_1 mjenjaće se i troškovi izvlačenja, pošto su isti funkcija promjenljivice x_1.



Slika 16

Trošak izvlačenja niz brdo iznosi:

$$1\, x_1\, a\, i_1\, \frac{x_1}{2} = \frac{a\, i_1\, x_1^2}{2}$$

Trošak izvlačenja uz brdo iznosi:

$$1\,(x-x_1)\, a\, i_2\, \frac{x-x_1}{2} = \frac{a\, i_2\, x^2 - 2\, a\, i_2\, x x_1 + a\, i_2\, x_1^2}{2}$$

Ukupni troškovi izvlačenja (ali bez stalnih) iznose:

$$l_0 = \frac{a\, i_1\, x_1^2}{2} + \frac{a\, i_2\, x^2 - 2\, a\, i_2\, x x_1 + a\, i_2\, x_1^2}{2}$$

Diferenciranjem ove funkcije potražićemo njenu minimalnu vrijednost

$$\frac{d\, l_0}{d x_1} = a\, i_1\, x_1 - a\, i_2\, x + a\, i_2\, x_1 = 0$$

Iz toga proizlazi

$$x_1 = \frac{i_2\, x}{i_1 + i_2} \qquad 6)$$

Primjer: Na kosom terenu sa nagibom 2% (vidi skrižaljku o izvlačenju) iznosi $i_1 = 0{\cdot}534$ minute, $i_2 = 1{\cdot}216$ minuta, širina pojasa $x = 400$ m. $x_1 = ?$

$$x_1 = \frac{1{\cdot}216 \times 400}{0{\cdot}534 + 1{\cdot}216} = 278 \text{ m.}$$

Optimalno bi bila položena pruga ovom kosom onda, kad bi pojas iznad pruge bio $x_1 = 278$ m, a ispod pruge 400 - 278 = 122 m. Gornji dio izvlačio bi se na prosječno otstojanje $\frac{278}{2} = 139$ m, a donji $\frac{122}{2} = 61$ m.

Što manji nagib ima kosa, to je donji pojas sve širi. Kad pređe kosa u ravnicu, $i_1 = i_2$ i $x_1 = \frac{i_2\, x}{2\, i_2} = \frac{x}{2}$, ili drugim riječima: u ravnici je ona pruga položena optimalno, koja ide sredinom plohe (slika 15.).

Što je kosa strmija, to mora traser nastojati, da mu što manji pojas šume ostane ispod pruge. Na velikim strminama širina $(x - x_1) = 0$ ili $x = x_1$. Drugim riječima: na strmim kosama treba svu masu izvlačiti samo niz brdo.

Kod jednake gustoće mase i kod ploha sličnih pravokutniku važi za strme terene obrazac 2), a za ravne 4).

Traser, koji unaprijed određuje troškove izvlačenja na velikom kompleksu, koji se sastoji iz brda i ravnica, uzima za izvlačenje prosječnu vrijednost među kosim i ravnim terenom.

Širinu pojasa za sada označujemo sa vrijednošću x. Kako istu određujemo, to će biti kasnije objašnjeno.

Kod izvlačenja na krškom terenu postoji još jedan trošak, a to je dizanje mase iz pojedinih vrtača. Obično više pari konja izvuče balvan na prag vrtače, otkuda se dalje otprema sa manjom animalnom snagom. Cjepanice se iznose na leđima čovjeka ili konja, da se van vrtače natovare na saone i izvlače do pruge. Ovaj trošak je neovisan o dužini puta. Kod akordiranja izvlačenja treba postupiti ovako: Nakon pregleda cijele linije utvrdi se udaljenost težišta mase od pruge (odnosno preciznije od sloga) n. pr. 200 m. Utvrdi se masa za otpremu n. pr. 1000 m³, stalni trošak izvlačenja k_i n. pr. 4.— Din, ovisan trošak i n. pr. 0.03 Din. Dalje se utvrdi koliko mase leži u vrtačama, n. pr. 150 m³ i koliko stoji prosečno po 1 m³ dizanje ove mase (do praga vrtače), n. pr. po 3.5 Din. Akordna cijena po 1 m³ bila bi u toj liniji:

$$\frac{1000 \times 4 + 1000 \times 200 \times 0{\cdot}03 + 150 \times 3{\cdot}5}{1000} = 10{\cdot}53 \text{ Din.}$$

Gornji primjer spominje se zato, jer traser, koji svakako prvi obiđe cijeli teren, može dobro poslužiti ostalim šumskim organima kod akordiranja izvlačenja.

Od trideset snimljenih vrtača na kosom terenu iznosio je maksimalno promjer vrtače 97 m, minimalni 20 i prosječni 50 m. Dubina vrtača, računata od praga (sedla, ulaza) iste do dna iznosila je od 0—11 m, ili prosječno 3.36 m. Na visoravni vrtače su mnogo dublje nego na kosama. Detaljna opažanja nedostaju. Koturača može da se na vrhu (na glavi) prosječne vrtače istoj priljubi, sa radiusom od 25 m. U spirali mogla bi se spustiti prema dnu vrtače, ali dno ne bi postigla, jer ono ima premali promjer. Ostala transportna sretstva, osim puta, utoliko su još i manje sposobna, da se spuštaju na dno vrtača. Ovo spuštanje ne bi bilo ni ekonomično. Zato su troškovi dizanja mase iz vrtača neovisni o gustoći transportne mreže, t. j. neovisni o dužini puta izvlačenja.

Usput se napominje, da se parne pruge nemogu priljubiti sa minimalnim radiusom od 45 m prosječnoj vrtači na kosom

terenu. Zato se sastoji pruga na vrtači iz dva usjeka i jednog nasipa, ako ide glavom vrtače, ili iz jednog nasipa, ako ide pragom vrtače. Na kršnoj visoravni pruge se lakše ugibaju vrtačama.

Da bi se izbjeglo visokim troškovima gradnje samih parnih pruga, dodate su istima i koturače. Time je gradnja pruga jeftinija, transport i pretovar skuplji, vozni park kompplikovaniji. Da li je bolji jedan sistem pruga i voznog parka ili više sistema, zavisi od mnogo faktora i nakon temeljitog studija može se utvrditi najbolji sistem.

Iako vrlo mnogo komponenata upliviše na trošak izvlačenja i, traseru je moguće, da pronađe njegovu srednju visinu iz podataka o svršenim sječama. Kod većih drvnih masa, koje se izvlače više manje cijelu godinu, može se sa sigurnošću tvrditi, da će se nekoje izvlačiti kod povoljnog vremena, (za vrijeme male kiše, malog snijega. . . .) druge kod nepovoljnog (suša, jako mokro tlo, dubok snijeg itd.). Dovoljno je znati prosječnu visinu nadnice, prosječnu sposobnost lokalnih akordanata i njihove stoke. Iz prošle eksloatacije potraži se sječa, koja je bila na sličnom terenu, za kojeg se traži i. Iz dužine tamošnjih produktivnih pruga i površina izračuna se otstojanje pruge do pruge $x = \frac{P}{d}$ i iz toga udaljenost težišta $t = \frac{x}{2}$.

Primjer: Na kosom terenu od 200 ha, izgrađeno je bilo 4.000 m produktivnih pruga. Troškovi izvlačenja iznašali su 1,000.000.— Din, masa za otpremu iznosila je 50.000 m³. Posebnim promatranjem utvrđen je stalan trošak k_i na 5 Din/m³. Iznošenje mase iz vrtača koštalo je po prilici 1 Din/m³. Iz toga je l po 1 m³ $= \frac{1000000}{50000} = 20.$— Din $x = \frac{2000000}{4000} = 500$, $\frac{x}{2} = 250$ m, $i = \frac{20-5-1}{250} = 0.056$ Din/m³/m.

S time su došli u trošak i, također i izdaci za gradnju puteva, potrebnih za izvlačenje.

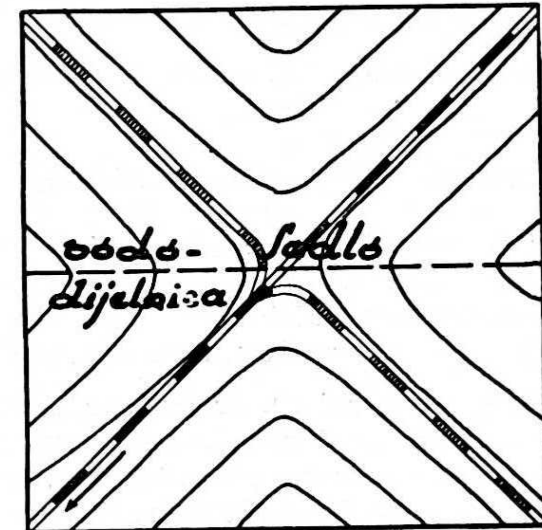
E) GRADNJA PRUGA.

Poznavanje izvlačenja sačinjava temeljni dio traserovog znanja. Kad su mu pojmovi o izvlačenju jasni, može sa uspjehom pristupiti trasiranju produktivnih pruga. Za javne pruge je glavno da spoje pojedine gradove, industriske centre i t. d. Industriske pruge vežu pojedine tvornice, pilane, rudokope i t. d. Sve one imaju zadatak, da spajaju pojedine t a č k e. Jedino šumske pruge moraju preći preko izvjesnih l i n i j a koje su podesne za pojedine šumske plohe. Kod produktivnih pruga nema samo pozitivnih i negativnih tačaka, nego i linija. Dno doline je u najviše slučajeva pozitivna linija, dok su sve vododjelnice negativne linije produktivnih pruga.

Šuma daje k a b a s t u r o b u. Transportni troškovi te robe iznose veliki procenat od njezine vrijednosti. Ipak je velika olakšica što šume leže u najviše slučajeva tako, da se za transport njihovih kabastih produkata može upotrebiti besplatna g r a v i t a c i o n a snaga. Apsolutno šumsko tlo leži pretežno u brdima, a potrošnja šumskih produkata u nizini. Tako se vuku u šumi prazni vagoni uzbrdo, a puni nizbrdo. Gdjegod je moguće traser treba da se koristi gravitacionom snagom. Pošto šume leže pretežno na visinama, mogu se prugom i poduhvatiti, kako bi pojeftinile osim ostalih troškova i troškove izvlačenja. Veći šumski kompleksi imaju redovno i pojedine doline zatvorene, iz kojih treba robu vući uzbrdo. Manji opet razbacani šumski posjedi dolaze često u položaj, da im se masa mora vući uzbrdo preko vododjelnice, da dođe do pilane ili tržišta, koje leži za jedan kompleks povoljno, a za drugi nepovoljno. Kako je rečeno, ipak se pretežni dio šumskih produkata služi kod transporta gravitacijom.

Drvna masa otprema se ekonomično, ako pada slično kao voda iz višeg na niže. Gdje je zatvorena dolina — kod nepropusnog tla — voda će istu napuniti te će se prelijevati preko najdonjeg ruba doline. Najniži rub je pravo s e d l o doline. Ovim sedlom će se i masa u najviše slučajeva najjeftinije otpremiti. Zato treba p r u g u s m j e s t i t i n a s e d l o. Sa

ovim gornjim primjerom o padanju vode i drvne mase, traser će u mnogim zamršenim slučajevima dobro položiti prugu. Kršni teren ima obično više sedlova, koji se po svojoj nadmorskoj visini međusobno malo razlikuju. Kod studija terena traser mora u prvom redu da upozna sva prava sedla. Nepoznavanje najnižeg, a to će reći p r a v o g s e d l a, osvetiće se kasnije gradnjom skupocjenih tehničkih objekata, odnosno skupom otpremom. Na terenskoj karti označena su sedla sa slojnicama, koje imaju više manje oblik dviju hiperbola (slika 17).

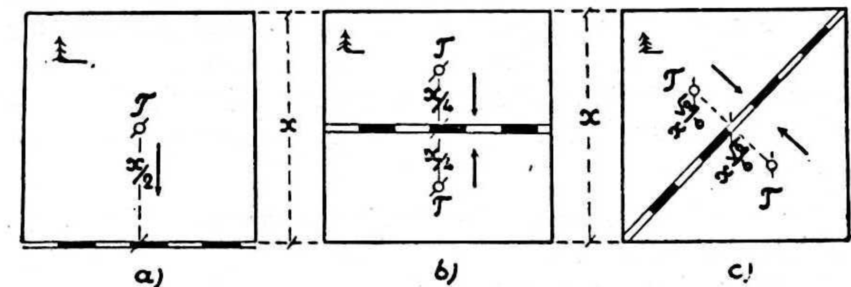


Slika 17

Visinu sedla određujemo pomoću karte, a ako je ta nepouzdana, aneroidnim mjerenjem ili nivelacijom.

Zamislimo si šumu u r a v n i c i, kvadratnog oblika, sa jednakomjernom gustoćom drvne mase (slika 18).

Ako položimo prugu jednom stranicom kvadrata (slika 18a)



Slika 18

troškovi izvlačenja iznose:

$$I = M k_i + \frac{M i x}{2} = M k_i + 0{\cdot}50\ M i x$$

Ako položimo prugu transverzalom (slika 18 b), troškovi izvlačenja iznose:

$$I = M k_i + \frac{M i x}{4} = M k_i + 0{\cdot}25\ M i x$$

Troškovi izvlačenja ovisni o dužini puta u drugom slučaju upola su manji od prvog slučaja.

Ako položimo prugu diagonalom (slika 18 c), troškovi iznose:

$$I = M k_i + \frac{M i x \sqrt{2}}{6} = M k_i + 0{\cdot}236\ M i x$$

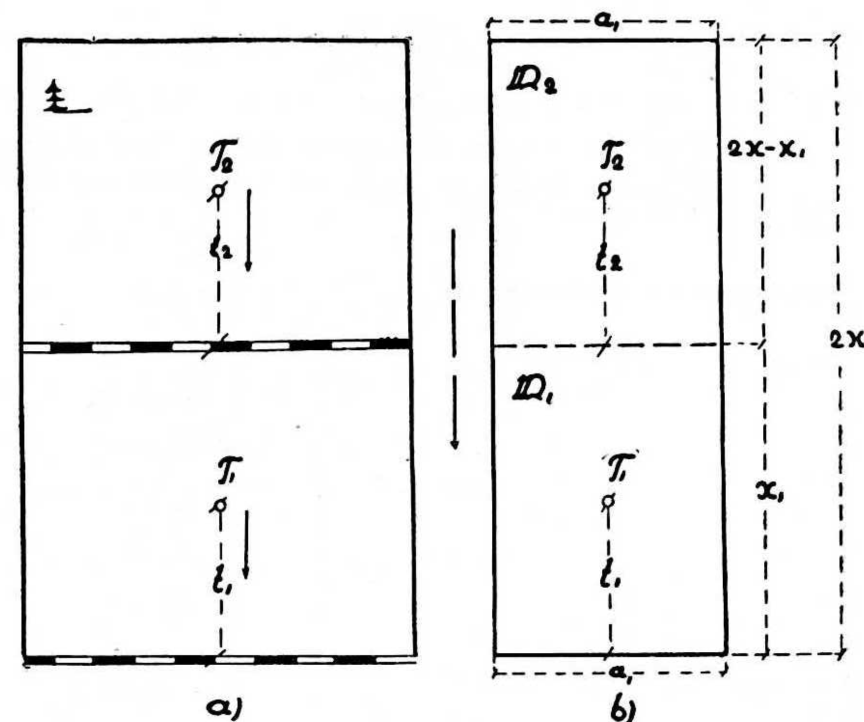
Treći slučaj ima najjeftinije izvlačenje, ali skuplju gradnju pruga. U slučaju a) i b) bila je dužina pruge x, dok u trećem iznosi $x\sqrt{2}$. Kod pojedinih slučajeva utvrdi se kalkulacijom šta je ekonomičnije b) ili c). Prvi slučaj treba izbjegavati.

Pitanje, kuda treba položiti produktivnu prugu, zavisi i od troškova transporta, pa ćemo nekoje primjere o tome spomenuti onda, kad upoznamo transportne troškove, premda ovo pitanje spada u ovo poglavlje. Tehnička strana gradnje nas ovdje ne interesira.

Na većim kosama grade se pruge u etažama (katovima, stepenicama) jedna iznad druge. Tu može nastati više slučajeva: Kosa je blaga, te se onda može izvlačiti na užim pojasevima i uzbrdo, ili je tako strma da se izvlačenje vrši samo nizbrdo; kosa ima jednakomjernu gustoću mase ili različitu; kosu treba podijeliti u dvije ili više etaža; kosu dijele u etaže samostalne pruge istog sistema (ili samo parne pruge ili samo koturače) ili jedna samostalna pruga, a gornje pruge vezane su sa donjom čekrcima. Kod posljednjeg slučaja može samostalna pruga biti istog sistema kao i pruge vezane sa čekrkom ili ne.

Od ovih kombinacija promatraćemo samo najjednostavnije. Imaćemo u vidu samo kosu, koju treba podijeliti u dvije etaže, jer treća u praksi dolazi rijetko do primjene. Pretpostavimo, da je kosa toliko strma, da se cijela masa izvlači samo nizbrdo na prugu; gustoća mase da je jednakomjerna ili da pada od dna prema vrhu od a m³ jednakomjerno do 0 m³.

1) Podjela kose u dvije etaže kod jednakomjerne gustoće a sa dvije samostalne parne pruge ili dvije koturače, slika 19.



Slika 19

Slika 19 a pokazuje horizontalnu projekciju kose sa prugama, slika 19 b gustoću drvne mase od dna do vrha kose.

Stalni troškovi izvlačenja $M k_i$ ne mijenjaju se, kako god se podijeli kosa u etaže, zato se isti ne promatraju. Po obrascu 2) iznose ovisni troškovi izvlačenja donje etaže na 1 m. širokom pojasu:

$$M_1 i t_1 = a\ x_1\ i \frac{x_1}{2} = \frac{a\ i\ x_1^2}{2}$$

Troškovi gornje etaže su analogno:

$$M_2 i t_2 = \frac{a\ i\ (2x - x_1)^2}{2}$$

Ukupno:

$$I_0 = M_1 l t_1 + M_2 l t_2 = a\, i\, x_1^2 - 2\, a\, i\, x\, x_1 + 2\, a\, i\, x^2 \qquad 7)$$

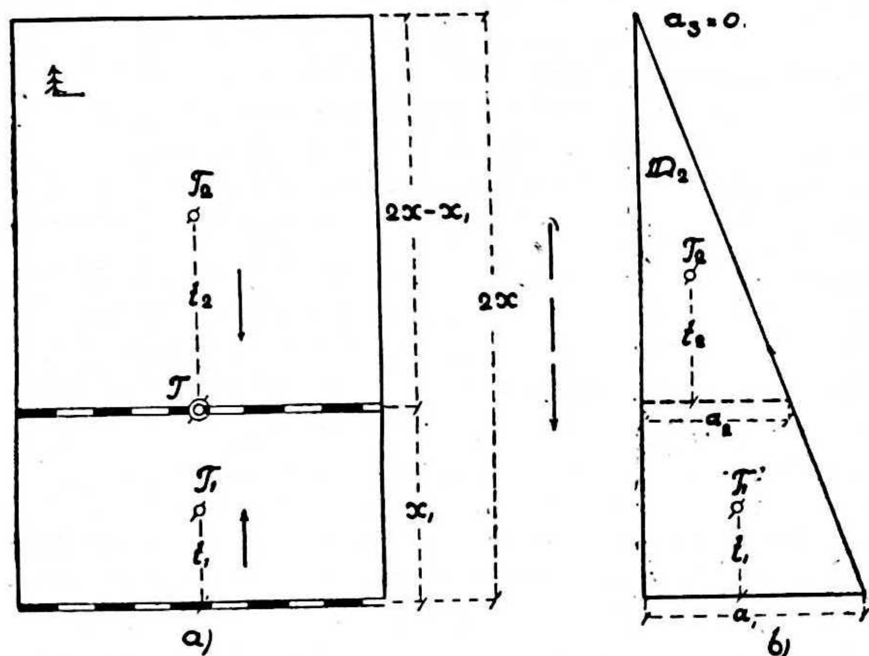
Ovi troškovi postići će minimum, kad će diferencijalni kvocijent funkcije I_0 biti jednak nuli, u znacima:

$$\frac{d\, I_0}{d\, x_1} = 2\, a\, i\, x_1 - 2\, a\, i\, x = 0$$

$$x_1 = x \qquad 8)$$

ili riječima: kad gornja pruga bude položena sredinom kose.

2) Kod istih uslova kao kod prvog slučaja dijeli se kosa u dvije etaže, ali gustoća mase pada od a_1 m³ do $a_3 = 0.0$ m³. slika 20 a, b.



Slika 20

Moglo bi se misliti, da će troškovi izvlačenja u ovom slučaju biti najmanji onda, kad se gornja pruga tako položi, da i jedna i druga pruga pokupljaju istu količinu drvne mase, kad je $M_1 = M_2$. Pada također u oči, da bi mogao biti minimum i onda, kad bi se gornja etaža izvlačila tako daleko kao donja, to jest kad bi bio $t_1 = t_2$. Međutim račun pokazuje

treće: minimum troškova postiže se onda, kad se gornja pruga položi u težište drvne mase c i j e l e plohe, u T.

U slici 20 b izračuna se a_2 po relaciji

$$a_2 : a_1 = (2\,x - x_1) : 2\,x \text{ ili } a_2 = \frac{2\, a_1\, x - a_1\, x_1}{2\, x}$$

Obrazac za izračunavanje udaljenosti težišta T_1 od stranice a_1 kod trapeza glasi:

$$t_1 = \frac{a_1 + 2\, a_2}{a_1 + a_2} \cdot \frac{x_1}{3} \qquad 9)$$

$$M_1\, l\, t_1 = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot l\, x_1 \frac{a_1 + 2\, a_2}{a_1 + a_2} \cdot \frac{x_1}{3} = \frac{a_1\, i\, x_1^2 + 2\, l\, x_1^2\, a_2}{6} =$$

$$\frac{a_1\, i\, x_1^2 + 2\, i\, x_1^2\, \frac{2\, a_1\, x - a_1\, x_1}{2\, x}}{6} = \frac{6\, a_1\, l\, x\, x_1^2 - 2\, a_1\, l\, x_1^3}{12\, x}$$

$$M_2\, l\, t_2 = \frac{a_2\,(2\,x - x_1)}{2}\, l\, \frac{2\,x - x_1}{3} = \frac{8\, a_1 l x^3 - 12 a_1 l x^2 x_1 + 6 a_1 l x x_1^2 - a_1 l x_1^3}{12\, y}$$

$$I_0 = M_1\, l\, t_1 + M_2\, l\, t_2 = \frac{12\, a_1\, l\, x\, x_1^2 - 3 a_1\, i\, x_1^3 - 12\, a_1\, i\, x^2\, x_1 + 8\, a_1\, l\, x^3}{12\, x}$$

$$\frac{d\, I_0}{d\, x_1} = \frac{24\, a_1\, i\, x\, x_1 - 9\, a_1\, l\, x_1^2 - 12\, a_1\, i\, x^2}{12\, x} = 0$$

$$x_1^2 - \frac{8\, x}{3}\, x_1 + \frac{4\, x^2}{3} = 0$$

$$x_1 = \frac{4\, x}{3} \pm \sqrt{\frac{16\, x^2}{9} - \frac{12\, x^2}{9}} = \frac{4\, x}{3} \pm \frac{2\, x}{3} = \begin{cases} 2\, x \\ \frac{2\, x}{3} \end{cases}$$

Ako dijelimo kosu u dvije etaže, vrijedi za nas drugi korijen:

$$x_1 = \frac{2\, x}{3} \qquad 11)$$

Izvlačenje će biti najjeftinije onda, kad pruge budu kosu podijelile tako, da donja pokuplja pojas širok $\frac{2\,x}{3}$, a gornja $2\,x - x_1 = \frac{4\,x}{3}$. Za slučaj da je gustoća mase pri vrhu veća od nule $(0 < a_3 < a_2 < a_1)$ onda će x_1 ležati između x i $\frac{2\,x}{3}$ gdje je $x > x_1 > \frac{2\,x}{3}$.

Ako pruga presijeće plohu P kroz težište njene mase troškovi izvlačenja neće biti jednaki nuli, ali gdje je trošak i sa obe strane pruge isti, biće troškovi izvlačenja minimalni. Iz plohe P nastale su podjelom pruge dvije plohe P_1 i P_2 i time dva nova težišta T_{m_1}, T_{m_2}. Ako se gradi lijevo i desno od prve pruge još po jedna, treba da prođe kroz T_{m_1} i T_{m_2} za slučaj da je trošak izvlačenja na cijeloj plohi P isti.

3) Kao i u prvom slučaju, zamislimo si kosu sa jednakomjernom gustoćom a podijeljenu u dvije etaže ili sa parnim prugama ili sa koluračama ali sa razlikom, da su pruge međusobno vezane čekrkom. U tom slučaju masa gornje etaže biće opterećena i sa troškom transporta čekrka. I kod čekrka postoje stalni troškovi (ukopčavanje i iskopčavanje vozila) i troškovi ovisni o dužini (spuštanje vozila niz čekrk). Pošto se tu radi o kratkim dužinama, troškovi spuštanja su maleni prema stalnim troškovima i neznatno se mijenjaju ako je čekrk nešto duži ili kraći. Zato označimo stalne i ovisne troškove čekrka po 1 m³ sa k_c u Din.

Dok svaki kubik, koji se spusti niz čekrk uvećava troškove transporta, dotle troškovi gradnje toga čekrka ne menjaju se, jer su neovisni o količini transporta. Kad se je traser na osnovu računa odlučio za gradnju čekrka, onda treba da se odluči još o njegovoj dužini, t. j. o podjeli obiju etaža.

Pošto je uzdržavanje čekrka kao i ostalih prometnih naprava u prvom redu ovisno o količini transporta, to troškove uzdržavanja uračunavamo u troškove transporta.

Osim troškova po obrascu 7) doći će još u gornjoj etaži po slici 19 b, trošak čekrka $a\,(2\,x - x_1)\,k_c$

$$I_o = a\,i\,x_1^2 - 2\,a\,i\,x\,x_1 + a\,i\,x^2 + 2\,k_c\,x - a\,k_c\,x_1 \qquad 12)$$

$$\frac{d\,I_o}{d\,x_1} = 2\,a\,i\,x_1 - 2\,a\,i\,x - a\,k_c = 0$$

$$x_1 = x + \frac{k_c}{2\,i} \qquad 13)$$

Prednje pokazuje, da kod spoja gornje etaže sa čekrkom, treba donju etažu proširiti za $\frac{k_c}{2\,i}$ m, a gornju isto toliko suziti.

4) U slučaju kao pod 3) sa jedinom razlikom, da je gustoća mase pri dnu jednaka a_1 i pada prema vrhu jednakomjerno na $a_2 = 0$ (slika 20 b), dobijemo optimalne troškove, ako troškovima obrasca 10) dodamo još troškove čekrka, koji iznose

$$a_2\,\frac{(2\,x - x_1)\,k_c}{2} = \frac{2\,a_1\,x - a_1\,x_1}{2x} \cdot \frac{(2\,x - x_1)\,k_c}{2} =$$

$$= \frac{4\,a_1\,k_c\,x^2 - 4\,a_1\,k_c\,x\,x_1 + a_1\,k_c\,x_1^2}{4\,x}$$

$$I_o = \frac{12\,a_1\,i\,x\,x_1^2 - 3\,a_1\,i\,x_1^3 - 12\,a_1\,i\,x^2\,x_1 + 8\,a_1\,i\,x^3}{12\,x} +$$

$$\frac{12\,a_1\,k_c\,x^2 - 12\,a_1\,k_c\,x\,x_1 + 3\,a_1\,k_c\,x_1^2}{12\,x} \qquad 14)$$

$$\frac{d\,I_o}{d\,x_1} = \frac{24\,a_1\,i\,x\,x_1 - 9\,a_1\,i\,x_1^2 - 12\,a_1\,i\,x^2 - 12\,a_1\,k_c\,x - 6\,a_1\,k_c\,x_1}{12\,x} = 0$$

$$x_1^2 - \frac{8\,i\,x + 2\,k_c}{3\,i}\,x_1 + \frac{4\,i\,x^2 + 4\,k_c\,x}{3\,i} = 0$$

$$x_1 = \frac{4\,i\,x + k_c}{3\,i} \pm \sqrt{\frac{16\,i^2\,x^2 + 8\,i\,k_c\,x + k_c^2 - 12\,i^2\,x^2 - 12\,i\,k_c\,x}{9\,i^2}} =$$

$$= \frac{4\,i\,x + k_c}{3\,i} \pm \frac{2\,i\,x - k_c}{3\,i} = \begin{cases} 2\,x \\ \frac{2\,x}{3} + \frac{2\,k_c}{3\,i} \end{cases}$$

Prema prednjem je širina donje etaže

$$x_1 = \frac{2\,x}{3} + \frac{2\,k_c}{3\,i} \qquad 15)$$

a gornje etaže

$$2\,x - x_1 = \frac{4\,x}{3} - \frac{2\,k_c}{3\,i}$$

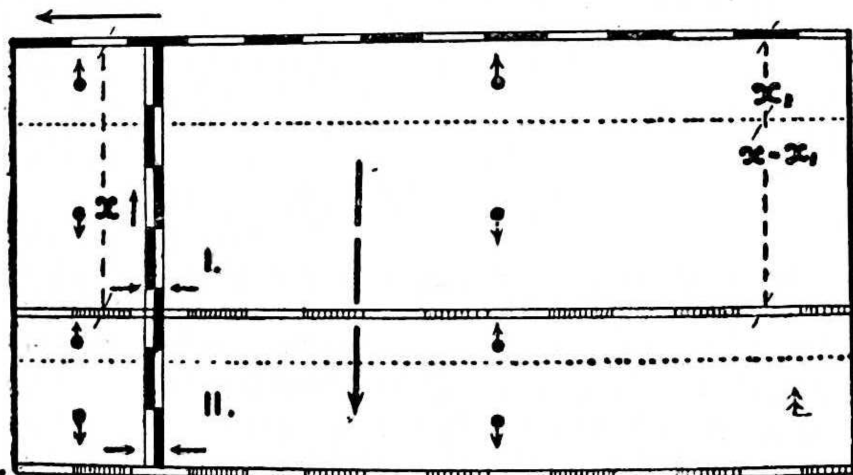
U slučaju pod 3) i 4) spojena je gornja etaža sa donjom, čekrkom. Kod 3) gustoća mase je svuda jednaka, kod 4) gustoća pada od a_1 na $a_2 = 0$. Ako je $a_1 > a_2 > 0$, onda neće traser pogriješiti, ako uzme prosječnu vrijednost između obrasca 13) i 15), da iz ovih dobije onda novi obrazac 16), jer u prirodi ne postoje idealne prilike, da se mreža može polagati tačno onako kako se želi.

$$x_1 = \frac{1}{2}\left(x + \frac{k_c}{2i} + \frac{2x}{3} + \frac{2k_c}{3i}\right) = \frac{5x}{6} + \frac{7k_c}{12i} \qquad 16)$$

Dosada su spomenuti slučajevi, kad kosu dijele pruge istog sistema, na kojima je trošak transporta mase za otpremu isti. Međutim u praksi pokuplja često donju etažu parna pruga sa jeftinim transportom, a gornju etažu koturača sa skupljim transportom, vezana čekrkom na parnu prugu. Što više kubika pada na koturaču, to će ne samo biti veći troškovi transporta čekrkom nego i troškovi transporta koturačom. Općenito možemo kazati: Ako gornju etažu pokuplja pruga sa skupljim transportom od one pruge koja pokuplja donju etažu, to širina pojasa donje etaže mora biti b a r e m tolika, koliku predviđaju obrasci 8), 11), 13), 14), 15) i 16) za pojedine slučajeve.

Kako je objašnjeno (slika 16) minimalni troškovi izvlačenja postižu se na kosama, kad se jedan manji dio mase izvlači uzbrdo, a veći dio nizbrdo, što predviđa obrazac 6). Ovo važi za samostalne pruge. Kad je međutim gornja pruga spojena sa samostalnom donjom jednim čekrkom, a transport je na gornjoj skuplji od transporta na donjoj, n e s m i j e se izvlačiti dio mase iz donje etaže na gornju. Bolje je platiti nešto više za izvlačenje akordantu, koji nema u vidu troškova preduzeća $M k_c$, te mu z a b r a n i t i izvlačenje uzbrdo na gornju prugu.

Kod e t a ž a i s p o d s a m o s t a l n e p r u g e, koje su međusobno vezane uspinjačom ili traktorskom prugom (slika 21)



Slika 21

treba obratno nastojati, da se što više kubika izvlači uzbrdo, kako bi što više kubika „izbjeglo" trošak k_c i trošak skupljeg transporta. Na sličan način kao za etaže iznad samostalne pruge, pronađe se širina za I i II etažu. Račun pokazuje da I etaža mora pokupljati više mase od II jer se time samo postizavaju minimalni troškovi.

Potražićemo za I etažu širinu pojasa (slika 21), koji treba izvlačiti uzbrdo, kod pretpostavke, da cijela ploha ima jednaku gustoću drvne mase ***a***.

$$M_I\, i_2\, t_I = \frac{a\, i_2\, x_I^2}{2}$$

$$M_2\, i_I\, t_2 + M_2 k_c = \frac{a\, i_I\,(x - x_I^2)}{2} + a\,(x - x_I)\,k_c$$

$$I_o = M_I\, i_2\, t_I + M_2\, i_I\, t_2 + M_2\, k_c =$$

$$= \frac{a\, i_2\, x_I^2 + a\, i_I\, x^2 - 2\, a\, i_I\, x\, x_I + a\, i_I\, x_I^2 + 2\, a\, k_c\, x - 2\, a\, k_c\, x_I}{2}$$

$$\frac{d\,I_o}{d\,x_I} = \frac{2\,a\,i_2\,x_I + 2\,a\,i_I\,x_I - 2\,a\,i_I\,x - 2\,a\,k_c}{2} = 0$$

$$x_I = \frac{i_I\, x}{i_I + i_2} + \frac{k_c}{i_I + i_2} \qquad 17)$$

Primjer: Pojas šume širok $x = 600$ m treba izvlačiti nešto uzbrdo na samostalnu prugu, a nešto nizbrdo na ovisnu prugu. Trošak izvlačenja nizbrdo $i_1 = 0.02$ Din/m³, uzbrdo $i_2 = 0.08$ Din m³, $k_c = 2$ Din/m³. Koliki je x_I?

$$x_I = \frac{i_I\, x}{i_I + i_2} + \frac{k_c}{i_I + i_2} = \frac{0.02 \times 600}{0.02 + 0.08} + \frac{2}{0.02 + 0.08} = 140\, m$$

Uzbrdo treba izvlačiti pojas 140 m širok, a nizbrdo

$$x - x_I = 600 - 140 = 460\, m$$

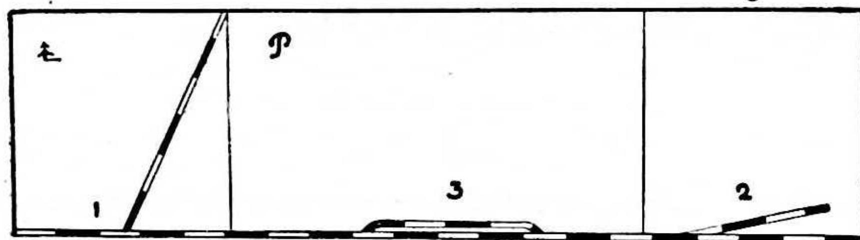
Kod gornjih razmatranja pretpostavlja se jednoličan teren u svim etažama kao i jednako povoljan nagib pruga. U praksi će biti iznimaka od gornjih pravila.

S t a l a n t r o š a k t r a n s p o r t a na spojnoj pruzi k, kojim je opterećen svaki otpremljeni kubik, na samostalnim se prugama n e u v e ć a v a. Međutim svaka ovisna i većina mrtvih pruga (čekrci, žičare, uspinjače . .) terete kubik još sa

svojim stalnim troškom transporta k_1 odnosno k_c. Općenito se može reći: Svaki kubik je opterećen sa toliko stalnih troškova (k_1 k_2...) koliko je prošao pojedinih transportnih naprava. Na pr. kubik, koji se izvlači putem, transportira koturačom, koja je opet čekrkom spojena sa koturačom, a ta sa parnom prugom, prošao je pet transportnih naprava i opterećen je sa isto toliko stalnih troškova (ovdje se moraju koturače brojati dvaputa, jer nijesu međusobno direktno spojene). Traser može dozvoliti nagomilavanje stalnih troškova samo onda, kad su s time na drugoj strani veće uštede na izvlačenju, gradnji i transportu.

Potpunoma izbjeći mrtve pruge u praksi nije moguće. Izvjesni stanični kolosjeci potrebni su, kao i eventualni čekrci, uspinjače itd. Nekada diktira teren, ili bolje rečeno, novac, da pruga na određenoj dužini bude mrtva.

Stanični kolosjeci određuju se za svaki pojedini slučaj kalkulacijom. Primjer: U šumi se eksploatiše ploha P (slika 22)

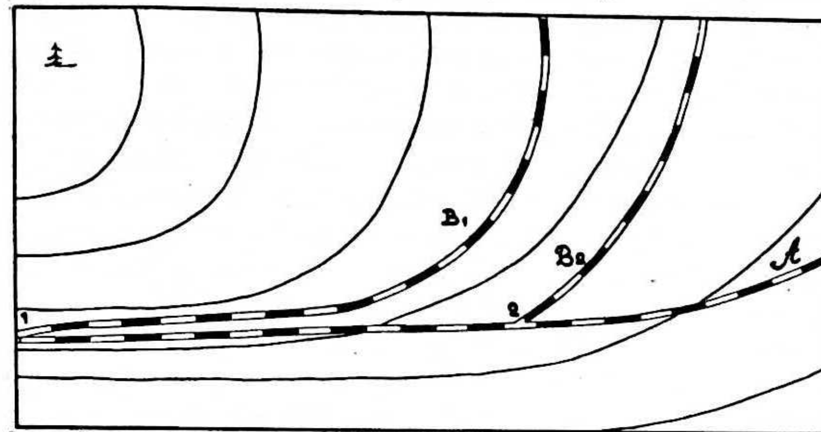


Slika 22

kojoj bi bio potreban mimolaz br. 3 da se omogući ostavljanje praznih vagona i konzumskih artikala šume kao i sastavljanje punih vagona. Međutim mogu poslužiti za manevriranje i pruge br. 1 i 2, koje s time vrše funkciju slijepog kolosjeka. Traser iskalkuliše, sa koliko će se vozova otpremiti masa plohe P, i koliko minuta će više trajati manevriranje na kolosjeku 1 i 2 od manevrisanja na kolosjeku 3. Iz statističkih podataka zna se koliko stoji prosječno lokomotiva sa strojnim i voznim osobljem na jedan sat. Iz toga se izračuna ušteda kod manevrisanja na mimoilazu 3. Procjeni se trošak gradnje mimoilaza. Ako je trošak gradnje manji od uštede, mimoilaz se gradi, inače ne. Kod laganog, jednostavnog voznog parka uštedi se mnogo na staničnim kolosjecima time, što se mogu prazni

vagončići izbaciti sa pruge ljudskom snagom. Kod takvih prilika iznosi omjer produktivnih parnih pruga prema dužini njihovih staničnih kolosjeka kao 1 : 0.025 (100 : 2.5), a kod koturača kao 1 : 0.02 (100 : 2). Dok se detaljno ne utvrdi transportna mreža, kalkulišu se troškovi gradnje kolosjeka sa sličnim procentima. Kod pruga sa javnim saobraćajem je procenat staničnih kolosjeka veći, što ne smije da upliviše na trasera kod produktivnih šumskih pruga.

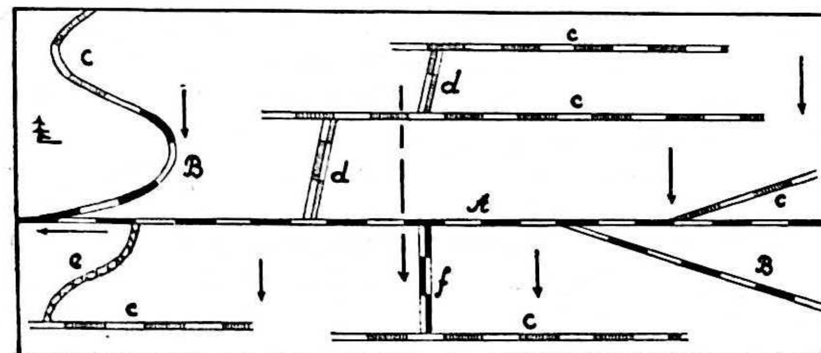
I pruga koja pokuplja malo drvne mase više manje je mrtva pruga. Početak pruge B_1 (slika 23):



Slika 23

pokuplja vrlo malo drvne mase. Zato je bolje odvojiti prugu sa tačke 2, jer u tom slučaju pada više kubika na njezin početak.

Na krškom terenu u većim šumskim kompleksima mogu doći slijedeća transportna sretstva zgodno do upotrebe: parne pruge, čekrci, koturače, uspinjače i traktorske pruge (šematska slika 24)



Slika 24

U nizinama služi vodni transport najviše kao spojna linija. Inače još mogu doći u obzir eventualno klizine ili žičara kao spojno odnosno mrtvo transportno sretstvo.

Samostalna pruga *A* prolazi kroz glavni dio područja preko najnižih sedla u što jednoličnijem gravitacionom nagibu ili u horizontali. Ne spušta se u pojedine doline, koje ostaju ispod nje, nego prepušta ovu masu traktorskoj pruzi *e*, uspinjači *f* ili krilnoj pruzi *B*. Pošto bi izvlačenje direktno do samostalne pruge bilo neekonomično, podijeljene su kose u etaže ili sa parnom krilnom prugom *B*, koja prelazi dalje u koturaču *c* ili samo sa krilnom koturačom ili sa čekrcima *d* i koturačama.

Kod izbora pojedinih transportnih sretstava potrebno je znati i njihov godišnji kapacitet uz normalan rad. Glavna šumska parna pruga može godišnje u jednom pravcu otpremiti oko pola miliona m³, čekrk oko 80.000 m³, uspinjača već prema konstrukciji oko 40.000 m³, traktorska pruga oko 25.000 m³, gravitaciona koturača 50.000 m³.

Promatrana je jedna koturača sa nagibom od + 15‰ do + 20‰ (pozitivan je nagib onaj, kod kojeg pada pruga u pravcu otpreme drvne mase) na kojoj je ležalo težište mase *D* 9.9 km daleko od njezinog početka. Prosječni mjesečni kapacitet iznosio je oko 4.000 m³, maksimalni mjesečni 5.900 m³. Organizacija rada bila je vrlo dobra. Kraće koturače imaju još veći kapacitet. Isto vrijedi i za ostala prometala.

Pošto su u najviše slučajeva šumska područja već barem mjestimično eksploatisana, to će graditelj pruga moći pokupiti iz knjigovodstva odnosno iz specijalne statistike podatke o troškovima pojedinih vrsta prometala za dotični teren, koji će mu poslužiti kod kalkulacija za novu mrežu. Pošto se teren prije gradnje ne sondira, mora se tim veća pažnja posvetiti statistici troškova gradnje. U gradnju pruga dolaze troškovi trasiranja, otkup zemljišta, prosjecanje, eksploziv, alat, polaganje, sitni materijal, nadzor, pragovi, paranje pruga, ravnanje tračnica i razno (komisije, voda, barake itd.). Gradnju donjeg stroja zovemo prosjecanje, gradnju gornjeg stroja polaganje, a razgradnju pruga paranje, jer su ovi izrazi kod naroda u upotrebi i odgovaraju duhu jezika. Pošto svako polaganje šumskih pruga iziskuje prije ili kasnije izdatak za paranje, to treba i ovaj trošak dodati troškovima

gradnje. U trošak polaganja ulazi i jedan dio troškova nabavke tračnica, ako one nijesu dotle amortizirane, a svakako sav sitni materijal koji će se kod paranja uništiti (cca 40% šarafa, cca 20% eksera i 5% spojnica). Ispravno bi bilo zadužiti svaku prugu sa onim procentom nabavnih troškova tračnica, za koji će se na toj pruzi istrošiti, uključivši odgovarajuće kamate. Međutim nemamo pouzdanih podataka o trošenju tračnica na produktivnim prugama. Direktno ih nije moguće utvrditi — i kad bi pretpostavljali da je materijal sviju tračnica iste kakvoće —, jer su produktivne pruge više manje stalno u pokretu, a tračnice podnose različito opterećenje transporta, što će biti prikazano u idućem poglavlju. Promatranja o trošenju treba uputiti samo na početne spojne pruge, za koje se zna, koju su masu otpremile otkako su položene. U Grmeču je na pr. jedna spojna pruga otpremila za 22 godine 1,900.000 m³. Kod toga je tračnica od 9.3 kg toliko oslabila, da je uzdržavanje pruge bilo preskupo. Zato su tračnice zamjenjene sa drugim od 12.5 kg, a stare od 9.3 upotrebljene opet u šumi za produktivne pruge, pošto su za manji transport još uvijek bile upotrebljive. Za ove 22 godine svaki spoj tračnica podnio je preko 2 miliona osovinskih udaraca. Nema podataka, koliko je tračnica za vrijeme od 22 godine bilo izmjenjeno sa novim, naročito u zavojima, a koliko ih je bilo popravljeno odrezivanjem trošnog kraja tračnice i bušenjem novih rupa. Većina je tračnica ipak podnijela cijeli teret i to još na nagibu od cca + 18‰. Iz ovog slučaja bi se donekle moglo zaključiti, ako se preko početne dužine produktivne pruge otpremi 200.000 m³, odnosno preko sredine njene dužine 100.000 m³, to se na račun polaganja ne bi smjelo uzeti više od 10% nabavnih troškova tračnica sa kamatama.

Ukupne troškove gradnje produktivnih i mrtvih pruga označićemo sa *G* dok je *g* prosječan trošak gradnje 1 m produktivnih pruga, kome je dodat odgovarajući procenat za mrtve pruge (stanične kolosjeke, čekrke itd.). Na 100 m produktivnih pruga dolazi, na pr. na kršnom terenu oko 5 m čekrka. *g* multipliciran sa dužinom produktivnih pruga *d*, daje nam *G*

$$G = d\,g \qquad (18)$$

Prosječnu širinu pojasa šume, kojeg pokuplja pruga dobijemo, ako dijelimo cijelu šumsku plohu P izraženu u m² sa dužinom produktivnih pruga d u metrima

$$x = \frac{P}{d} \qquad 19)$$

Vrijednost x pokazuje, kako su gusto izgrađene produktivne pruge na plohi P. Da saznamo gustoću prometnih naprava na izvjesnoj plohi, treba izračunati vrijednost x.

Iz obrasca 19) slijedi, da je $d = \frac{P}{x}$, onda je

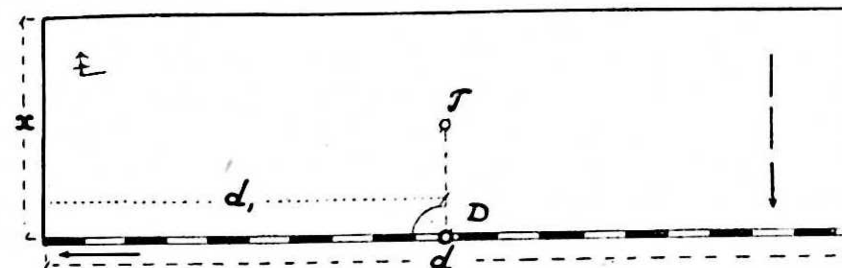
$$G = \frac{Pg}{x} \qquad 20)$$

Tako izračunat d nemože služiti za pokazivanje gustoće transportnih naprava, jer će biti ovisan o veličini plohe P. Ako se dijeli d u metrima sa P u hektarima, pronađe se koliko metara produktivnih pruga dolazi prosječno na 1 ha. Taj broj r nas orijentiše slično kao x o razmaku pruga, odnosno njihovoj gustoći

$$r = \frac{d}{P} \qquad 21)$$

F) TRANSPORT

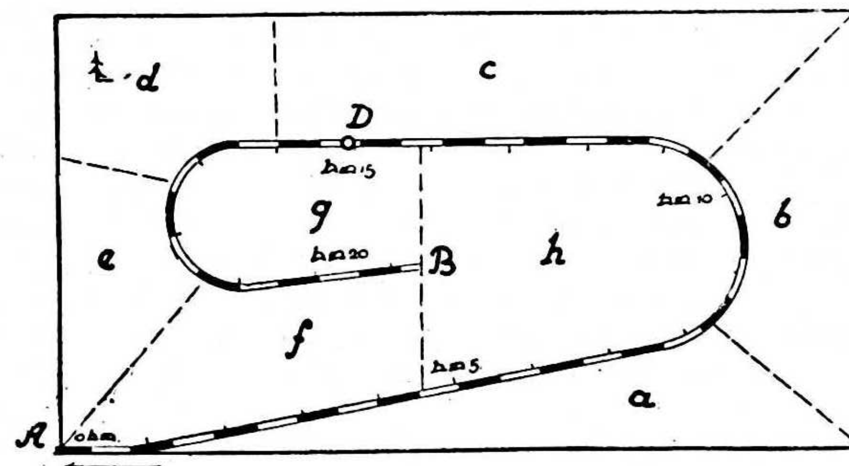
Kao kod izvlačenja tako se može i kod transporta prugom pronaći težište transporta D. Utvrdi se najprije težište drvne mase za izvlačenje T i povuče iz T okomica na prugu. Presjecište okomice sa prugom određuje težište transporta (slika 25).



Slika 25

Ovo vrijedi za plohe, koje su bile objašnjene kod izvlačenja. Kod kompliciranih formi šumskih ploha i linija pruga, težište D pronađe se računom.

Ako se na pr. spušta pruga u jednu dolinu od tačke A do tačke B (slika 26),



Slika 26

težište D odredimo računom.

Pruga se nanese u kartu sa oznakom hektometara. Ploha P se podijeli na manje plohe $a, b, c \ldots$, koje imaju više manje oblik trokuta, četverokuta, trapeza itd., te se za svaku plohu odredi $T_1, T_2 \ldots$ i okomicom na prugu pronađe $D_1, D_2 \ldots$ kao i udaljenost pojedinih težišta transporta od početka pruge A $d_1, d_2, d_3 \ldots$ kao i mase za otpremu pojedine plohe. Kod jednake gustoće drvne mase, može se masa zamjeniti sa plohom a, b, c. Onda je udaljenost težišta od tačke A ili od spojne pruge jednaka.

$$d_D = \frac{a d_1 + b d_2 + c d_3 + d d_4 + \ldots}{a + b + c + d + \ldots} \qquad 22)$$

Kod izvlačenja se izračunata udaljenost t ne poklapa uvijek tačno sa stvarnom udaljenošću već se djelomično mijenja prema položaju slogova. Slično je i kod transporta. Pretpostavljamo, da je masa poredana neprekinuto uz cijelu dužinu pruge i ako je u stvarnosti složena u hrpe, slogove, u izvesnim razmacima. Što je veća dužina pruga, to je manja razlika između izračunatog i stvarnog težišta transporta.

Pruge javnog transporta reduciraju troškove transporta na jedan brutotonski i netotonski kilometar. Kod raznovrsne robe, koju pruge transportiraju u oba pravca, t e ž i n a robe im je osnova. Broj produkata šume naprotiv je malen, izražava se uglavnom kubičnim metrima (eventualno u prostornim metrima, komadima, kilogramima), pruga je iskorišćena samo u pravcu otpreme robe, vaganje robe bilo bi skopčano sa investicijama i sa gubitkom vremena. Zato je za šumske pruge podesnije reducirati troškove transporta na 1 m^3 mjesto na 1 t, to toliko više, što je zadatak i knjigovodstva, da prikaže sve troškove eksploatacije po jedinici produkta, koju uglavnom pretstavlja m^3. Tako bi se kod šumskog transporta moglo govoriti o n e t o k u b n o m kilometru. Za daljnje račune treba uzeti za jedinicu dužine 1 metar mjesto kilometra.

Pošto je trošak v za razne vrste sortimenata različit, već prema težini i formi sortimenata i konstrukciji vagona, od kojih činilaca zavisi iskorišćavanje tovarne težine vagona, to se trošak transporta v izračuna za onaj sortimenat, koji je pretežno zastupan u dotičnoj šumi. Ostali sortimenti svode se na glavni sortimenat po izračunatom ključu. Ako je na pr. glavni produkat jelov balvan a sporedni bukov balvan,

bukova i jelova cjepanica, to se v izračunava za jelove balvane. U tom slučaju bi v značilo trošak ovisan o dužini puta za jedan jelovi kubik-metar (je. m^3/m). Loša strana ove jedinice je ta, što otežava sravnavanje transportnih troškova raznih šumskih preduzeća, čiji v nije reduciran na isti sortimenat.

Lokomotive (konji itd.) vuku u šumu p r a z n e vagone, građevni i pogonski materijal, kao i konzumske artikle za radništvo i stoku. Natrag se vraćaju p u n i sa produktima šume. Zato vožnju u šumu zovemo praznom, a iz šume punom. Puna vožnja mora da plati i praznu. Zato se v izračunava za 1 m^3 transportiran na dužinu 1 m, kome je dodat i trošak prazne vožnje. Prazna vožnja je jeftinija od pune, jer je brzina praznih vozova veća od punih. Na usponima kreće se optimalna brzina punih vozova oko 12 km na sat.

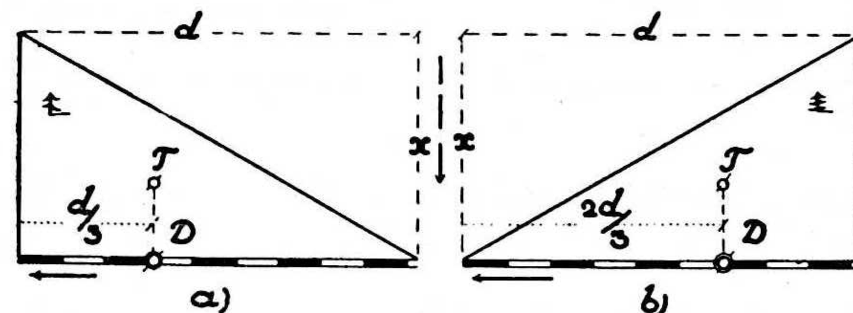
Ukupni troškovi transporta V na plohama sličnim slici 25 iznosiće:

$$V = M k + \frac{M v d}{2} \qquad 23)$$

Ako stavimo iz obrasca 19) za $d = \frac{P}{x}$ pređe obrazac 23) u oblik obrasca 24

$$V = M k + \frac{M P v}{2 x} \qquad 24)$$

Za ostale forme ploha i kod nejednakomjerne podjele drvne mase a obrazac 23) i 24) ne vrijedi. Na primjer po slici 27 a) iznose troškovi transporta samo $V = M k + \frac{M P v}{3 x}$.



Slika 27

dok po slici 27 b) iznose $V = M k + \frac{2 M P v}{3 x}$

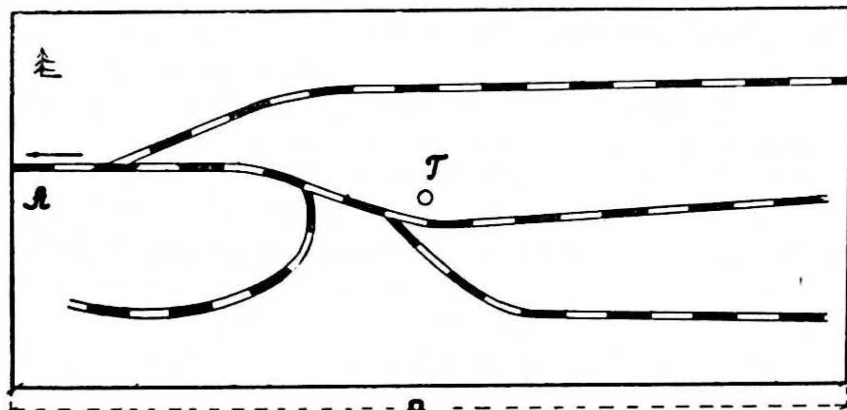
Općenito možemo pisati:

$$V = M k + \frac{M P v p}{x} \qquad 25)$$

gdje p znači omjer između dužine d_D od spojne pruge do težišta D i dužine cijele pruge d u znacima $p = \frac{d_D}{d}$. U gore spomenutim slučajevima p pretstavlja vrijednosti $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}$. Veličina koeficijenta p kreće se između 0 i 1. Kad bi p postigao vrijednost 1, prešla bi produktivna pruga u spojnu, nebi pokupljala nikakve mase, nego bi se samo dodirnula plohe za eksploataciju.

Za veći kompleks šume i veću mrežu pruga utvrđuje se d_D po obrascu 22) i iz toga izračuna p a onda V.

Kad transportnu mrežu treba tek stvoriti, traser zamišlja nakon studija terena, da će kompleksom, dugim n m proći jedna glavna i tri krilne pruge (slika 28). Onda



Slika 28

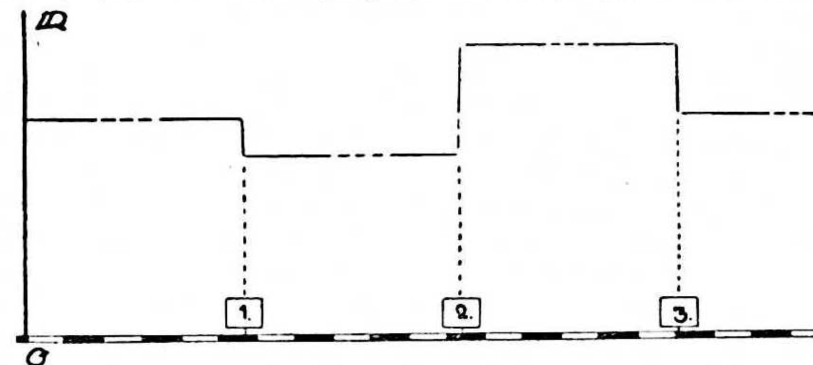
može p odrediti približno time, da cijeni udaljenost težišta mase od tačke A na pr. na $d_D = \frac{n}{2}$, a dužinu pruga na $d = 3n$

i iz toga će dobiti $p = \frac{d_D}{d} = \frac{\frac{n}{2}}{3n} = \frac{1}{6}$, odnosno:

$$V = M k + \frac{M P v}{6 x} \qquad 26)$$

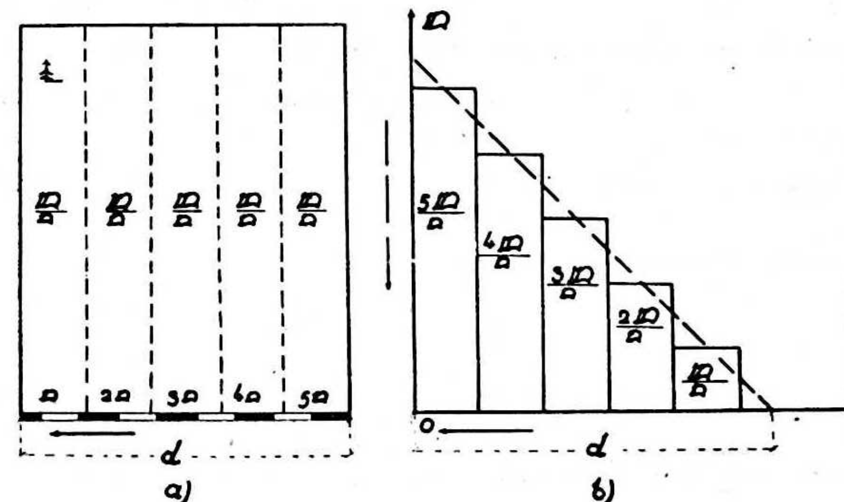
Uzdržavanje pruga unijeto je isto tako u trošak transporta. Pruge propadaju zbog atmosferilija, vegetacije i životinja. Prag propada i ako se ne vozi prugom. Ipak je transport glavni uzrok propadanju pruga. Što je transport veći to su veći i troškovi uzdržavanja.

Jedna karakteristična razlika između produktivnih pruga s jedne strane i javnih, spojnih i mrtvih pruga s druge strane je osim ostalog i opterećenje pruga transportom. Opterećenje javne, spojne ili mrtve pruge prikazano je grafički u slici 29:



Slika 29

Ono se može mijenjati samo u stanicama (broj 1, 2, 3, ...) Među stanicama je opterećenje transportom konstantno. U slici 30 a)

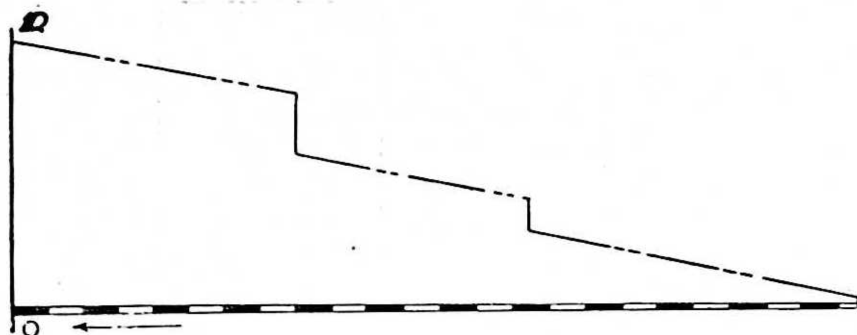


Slika 30

prikazana je šumska ploha čiju masu M pokuplja jedna produktivna pruga. Podijelimo dužinu d i masu M na n dijelova. Preko dijela pruge n proćiće cijela masa M, preko dijela pruge $2\ n$ proći će $\frac{4\,M}{n}$, onda $\frac{3\,M}{n}$, $\frac{2\,M}{n}$ i naposljetku na dijelu pruge $5\ n$ samo $\frac{M}{n}$.

Ako se nanesu ove vrijednosti kao ordinate, a dužina pruge kao apscisa, dobije se grafikon opterećenja (slika 30 b).

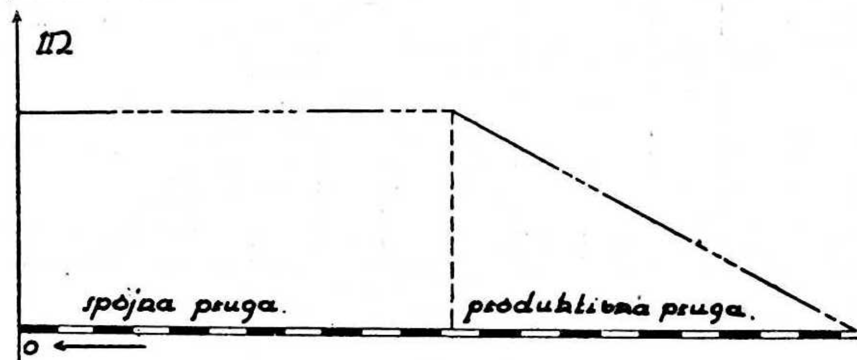
Produktivna pruga, na koju su vezane sa strane još druge produktivne pruge, ima grafikon opterećenja sličan slici 31.



Slika 31

Ploha, koju stvara linija opterećenja sa apscisom pretstavlja ukupne troškove transporta ovisne o dužini puta. Kad je $v = 1$, ovisni troškovi obrasca 23) $\frac{M v d}{2}$ pretstavljaju plohu trokuta, prikazanog u grafikonu slike 30 b.

Grafikon opterećenja produktivne i spojne pruge sličan je slici 32:



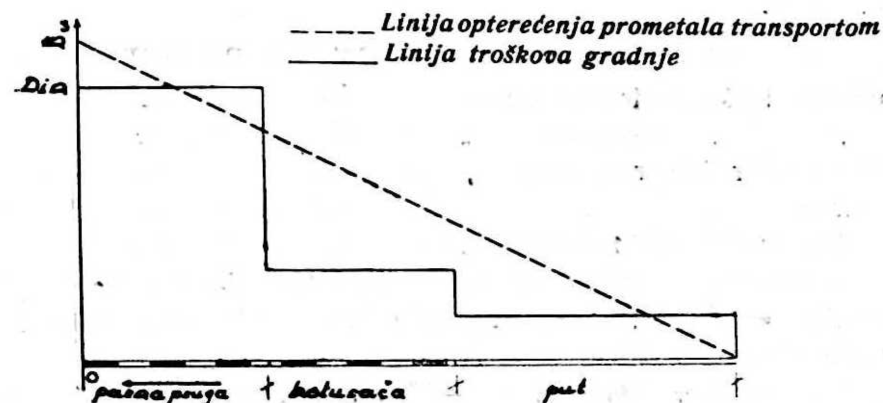
Slika 32

Ako je grafikon opterećenja trokut (slika 31), znači da je krajnji dio produktivne pruge građen za beskonačno mali transport. Drugim riječima — krajnji dio pruge nije ekonomičan, graditelj će ga izostaviti. Pruga se mora završiti prije nego stigne do kraja šume (ako je ne treba u buduće produživati za nove preliminare).

Grafikon opterećenja, slika 32, pokazuje graditelju da spojna pruga mora biti najsolidnije građena i najbolje uzdržavana, jer podnosi najveći teret transporta. Ekonomično bi bilo da i troškovi gradnje i uzdržavanja padaju prema kraju produktivne pruge kao i njezin transport. U praksi, zbog sigurnosti saobraćaja, nije to sasvim provedivo. Ipak će graditelj pruge nastojati, da smjesti na početku trase veće radiuse, položitije nasipe, solidnije potporne zidove, neistrošene tračnice, nove pragove itd., dok će prema kraju pruge valjati luk i sa najmanjim radiusom, preko kojeg može još preći lokomotiva sa voznim parkom, kao i stari prag i stara tračnica. Ako se upotrebljava više sistema tračnica, položiće se teži sistem na početku pruge. Od akordanta koji je preuzeo gradnju tražiće se na početku pruge da ispuni što bolje sve propise gradnje, dok se prema kraju mogu manje važni propustiti, kako bi akordant lakše došao do svoje zarade.

Kod pruga, koje završavaju u dolinama (slika 26), obično je kraj pruge dosta opterećen, pa se prema tome udešava njezina gradnja i uzdržavanje.

Da bi se linija troškova gradnje približila liniji opterećenja transportom, postiže se ovo donekle i sa promjenom transportnog sretstva. Tako se može na pr. na početku, gdje je opterećenje najveće, graditi parna pruga, koja na izvesnoj udaljenosti prelazi u koturaču a od ove nastavlja put (slika 33). Time smanjujemo troškove gradnje



Slika 33

Loša strana ovog rješenja je gomilanje novih stalnih troškova transporta $k_1, k_2, k_3 \ldots$

Uglavnom vrijedi pravilo: Jeftina gradnja transportnog sretstva, skup transport. Za male količine drvne mase dolaze u obzir jeftine transportne naprave i ako imaju skupi transport i obrnuto. Kalkulacijom se utvrđuje koje je transportno sretstvo za pojedini slučaj bolje. Primjer: U šumi, uz koju leži pilana (potrošnja), treba izgraditi produktivne pruge. Pošto teren ne daje prednosti ni gradnji parnih pruga ni koturača, a da bi bila manipulacija kao i vozni park jednostavni, treba da se odluči ili će se graditi samo parne pruge ili samo koturače. Gradnja parnih pruga je skuplja od gradnje koturača, ali je zato transport na parnoj pruzi jeftiniji od transporta na koturači. Ako se izgradi rijetka mreža parnih pruga, a gusta mreža koturača, biće gradnja i transport parnim prugama jeftiniji od koturača, ali kod rjeđe mreže poskupiće se ovisni troškovi izvlačenja.

Da bi mogli promatrati troškove gradnje i transporta jednog i drugog prometala, moraju ostati troškovi izvlačenja nepromjenljivi. To će uglavnom ostati samo u slučaju, ako dužina produktivne parne pruge bude jednaka dužini produktivne koturače. Ako na pr. sravnimo troškove otpreme dviju jednakih dolina, od kojih je jedna bila eksploatisana pomoću parne pruge sa negativnim nagibom, a druga sa uspinjačom i koturačama, a dužina je produktivnih pruga bila različita, to treba zbrojiti za svaku dolinu posebno troškove gradnje, transporta i izvlačenja, da se može odlučiti, koji je način otpreme bio bolji.

Označimo za:		koturaču	parnu prugu
ukupne troškove transporta	sa	V_1	V_2
„ „ gradnje	„	G_1	G_2
neovisan trošak transporta	„	k_1	k_2
ovisan „ „	„	v_1	v_2
trošak gradnje po 1 m pruge	„	g_1	g_2

Stavimo li vrijednosti iz obrasca 18) i 23) u jednadžbu $V_1 + G_1 = V_2 + G_2$, a u obrascu 23) pišimo mjesto kojeficijenta $\frac{1}{2}$ opšti znak p, onda je

$$Mk_1 + Mv_1\,dp + dg_1 = Mk_2 + Mv_2\,dp + dg_2$$

Za M pišimo $M = axd$, da dobijemo:

$$axk_1\,d + axpv_1\,d^2 + g_1\,d = axk_2\,d + axpv_2\,d^2 + g_2\,d$$

Iz prednje jednadžbe dobije se:

$$d = \frac{g_2 - g_1}{axp\,(v_1 - v_2)} + \frac{k_2 - k_1}{p\,(v_1 - v_2)} \qquad 27)$$

Prednja jednadžba pokazuje, od kojih faktora sve zavisi ekonomičnost koturače odnosno parne pruge. Koturače su ekonomičnije za otvaranje šuma, dok je njihova ukupna dužina kraća od d. Kad je njihova dužina jednaka dužini d, jednako su ekonomične kao i parne pruge. Kad dužina pruga iznosi više od vrijednosti izračunate po obrascu 27) ekonomičnije su parne pruge od koturača. Isti se obrazac može upotrijebiti i za sravnavanje ekonomičnosti drugih prometala (koturače i puta itd). Njegova vrijednost važi, kako je prije spomenuto, kad nastaje pitanje, koje je od dvaju prometala ekonomičnije primijeniti.

Ako je $k_1 = k_2$, obrazac poprima oblik

$$d = \frac{g_2 - g_1}{axp\,(v_1 - v_2)} \qquad 28)$$

Koturača ima izvjesne prednosti pred parnom prugom, koje nisu došle u račun. Pogon sa gravitacijom i animalnom snagom je jednostavan. Kad preduzeće ima samo jednu lokomotivu, prije će posao zapeti na parnoj pruzi zbog popravka lokomotive, nego na koturači itd. S druge strane u šumu se vozi građevni materijal i konzumski predmeti, koji će biti parnom prugom brže i jeftinije dopremljeni. U zimsko doba čišćenje snijega je za tri puta jeftinije lokomotivom nego ljudskom i animalnom snagom na koturači. Koturača ima oštre zavoje, stoga neće biti moguć transport dugih balvana na konveksnim zavojima koturače, dok na parnoj pruzi, sa većim radiusima, balvani neće zapinjati, a pilana ima veće iskorišćenje, ako za preradu dobije veće komade. Ako se preduzeće tek osniva, doći će još mnogo drugih momenata do izražaja koji će odlučiti, dali je ekonomičnije eksploatisati šumu samo sa koturačama ili sa parnim prugama.

U šumama, koje imaju sistem parnih pruga i koturača, te se prve grade kod većeg opterećenja pruge transportom, a druge kod manjeg opterećenja, nastaje pitanje, na kom mjestu treba prestati sa gradnjom parne pruge i nastaviti sa iste koturačom, slika 34,

Slika 34

a da troškovi otpreme budu minimalni. Koturačom će se otpremiti drvna masa axd_e na dužinu $\frac{d_e}{2}$ do tačke 2. Lokomotiva će ovu masu preuzeti na tački 2 te ju otpremiti $(d- d_e)$ m daleko. Osim toga će pokupiti masu koja pada direktno na parnu prugu, te je otpremiti $\frac{d- d_e}{2}$ m daleko. Za parnu prugu biće stalni trošak k_2 isti, bez obzira dali će lokomotiva preuzimati robu na tački *1, 2* ili *3*, znači da stalni trošak k_2 ostaje isti, kad cijelu plohu *P* pokupi samo parna pruga. Međutim, ako parna pruga pređe u koturaču, nastane novi stalni trošak koturače k_1. Što koturača bude kraća, to će i manje kubika otpremiti koji će biti opterećeni još sa troškom k_1.

Ako koturača ne podnosi voznog parka parne pruge, pa ima svoj vlastiti vozni park sa manjim kapacitetom, trošku k_1 dolazi još trošak pretovara na tački 2 (slika 34) odnosno ponovnog utovara, kojeg označavamo sa slovom u.

Ako se cijela drvna masa pretovara na tački 2, troškovi iznose $a\,x\,d_e\,u$. Ako se na pr. balvani otpremaju na istim vagonima dalje parnom prugom, a samo se cjepanice pretovaraju iz „ramera" na normalne vagone, odnosno istovaraju iz „ramera" kod tačke 2 i onda ponovno utovaraju, iznosiće troškovi ponovnog utovara $a\,x\,d_2\,u\,p_u$. Ovdje p_u znači omjer između mase za ponovni utovar i ukupne mase za otpremu. Pretovar je jeftiniji od istovara i ponovnog utovara. Zbog jednostavnosti uzimamo za trošak jednog i drugog rada isti znak u.

Zbrojimo troškove transporta i gradnje na koturači i na parnoj pruzi i potražimo kada će oni postići svoj minimum, pošto

su isti funkcija promjenljivice d_e. Kod troškova V_2 izostavimo stalni trošak k_2, jer je neovisan o gradnji koturače. Za koeficijent p stavimo $\frac{1}{2}$, jer u tom slučaju toliko iznosi, za razliku od obrasca 25) gdje može poprimiti razne vrijednosti:

$$V_1 + G_1 + G_2 = a\,x\,d_e\,k_1 + \frac{a\,x\,d_e^2\,v_1}{2} + d_e\,g_1 + a\,x\,d\,u\,p_u +$$

$$+ a\,x\,v_2\,d_e\,(d - d_e) + \frac{a\,x\,v_2\,(d-d_e)^2}{2} + (d-d_e)\,g_2 =$$

$$= \frac{2axk_1d_e + axv_1d_e^2 + 2g_1d_e + 2axup_ud_e + axv_2d^2 - axv_2d_e^2 + 2g_2d - 2g_2d_e}{2}$$

$$\frac{df(d_e)}{d\,d_e} = a\,x\,k_1 + a\,x\,v_1\,d_e + g_1 + a\,x\,u\,p_u - a\,x\,v_2\,d_e - g_2 = 0$$

$$d_e = \frac{g_2 - g_1}{a\,x\,(v_1 - v_2)} - \frac{k_1 + u\,p_u}{v_1 - v_2} \qquad 29)$$

Kada se cijela masa pretovara na početku koturače, (slika 34, tačka 2), obrazac 29) glasi:

$$d_e = \frac{g_2 - g_1}{a\,x\,(v_1 - v_2)} - \frac{k_1 + u}{v_1 - v_2}$$

Ako pretovar kod tačke 2 ne postoji, onda je

$$d_e = \frac{g_2 - g_1}{a\,x\,(v_1 - v_2)} - \frac{k_1}{v_1 - v_2}$$

Primjer: Izračunajmo po obrascu 27) i 29) optimalnu dužinu koturače, ako je $k_1 = 4$ Din, $k_2 = 4$ Din, $v_1 = 0.0004$ Din, $v_2 = 0.0002$ Din, $g_1 = 25$ Din, $g_2 = 75$ Din, $p = \frac{1}{2}$, $p_u = \frac{1}{5}$, $u = 3$ Din, $x = 400$ m, $a = 0.025$ m³.

$$d = \frac{g_2 - g_1}{axp\,(v_1 - v_2)} + \frac{k_2 - k_1}{p\,(v_1 - v_2)} =$$

$$= \frac{75 - 25}{0{\cdot}025 \times 400 \times \frac{1}{2} \times (0{\cdot}0004 - 0{\cdot}0002)} = 50.000\ m$$

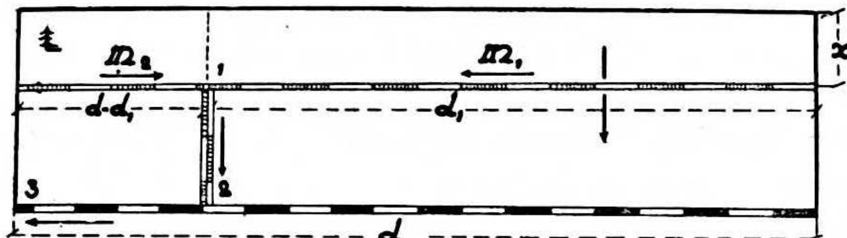
$$d_e = \frac{g_2 - g_1}{ax\,(v_1 - v_2)} - \frac{k_1 + u\,p_u}{v_1 - v_2} = \frac{75 - 25}{0{\cdot}025 \times 400\,(0{\cdot}0004 - 0{\cdot}0002)} -$$

$$- \frac{4 + 3 \times \frac{1}{5}}{0{\cdot}0004 - 0{\cdot}0002} = 2.000\ m$$

U navedenom slučaju koturača ima do dužine 50 km prednost pred parnom prugom. Dok je tamo, gdje već postoji parna pruga, ekonomično da se njena posljednja dva km izgrade kao koturača.

Čekrci, uspinjače, traktorske pruge i slična prometala vežu međusobno pojedine etaže. Grade se na strmijim kosama, gdje bi razvijanje pruga bilo neekonomično zbog prevelike gustoće ili prevelikih nagiba. Obično spajaju parnu prugu sa parnom, koturaču sa koturačom ili koturaču sa parnom prugom.

Kod posljednjeg slučaja trošak je transporta koturačom v_1 skuplji od troška parnom prugom v_2. Nastaje pitanje, na kom mjestu treba vezati koturaču sa parnom prugom, da bi troškovi transporta bili najmanji. Gdje god se spoje dvije etaže, stalni troškovi k_1 i k_2 neće se mijenjati, zato se ovdje ne uzimaju u račun. Masa M_1 i M_2 transportira se do glave čekrka, slika 35 — tačka 1:



Slika 35

Na to se masa $M = M_1 + M_2$ spusti čekrkom. Pošto je i ovaj trošak neovisan o smještaju čekrka, izostavlja se iz računa. Od dna čekrka, tačka 2, otprema se masa M parnom prugom do tačke 3. Troškovi ovise o dužini d_1 u znakovima

$$f(d_1) = \frac{a\,x\,v_1\,d_1^2}{2} + \frac{a\,x\,v_1\,(d-d_1)^2}{2} + a\,x\,v_2\,d\,(d-d_1)$$

$$\frac{d f(d_1)}{d\,d_1} = 2\,a\,x\,v_1\,d_1 - a\,x\,v_1\,d - a\,x\,v_2\,d = 0$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + \frac{d\,v_2}{2\,v_1} = \frac{d}{2}\left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \qquad 30)$$

$$d - d_1 = \frac{d}{2} - \frac{d\,v_2}{2\,v_1} = \frac{d}{2}\left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)$$

Primjer: Koturača je 4.000 m dugačka. Gdje je optimalna veza koturače sa donjom parnom prugom, ako je $v_1 = 2\,v_2$?

$$d_1 = \frac{4000}{2}\left(1 + \frac{v_2}{2\,v_2}\right) = 3.000\,m\,;\ d - d_1 = 4000 - 3000 = 1000\,m$$

Koturača će biti optimalno spojena u pogledu troškova transporta, kad je čekrk podijeli u dva dijela tako, da će dio koturače, koji ide u pravcu otpreme, imati dužinu 3.000 m, a dio, koji ide u suprotnom pravcu 1.000 m. Traser će na tom mjestu trasirati čekrk, ukoliko ga nebi terenske neprilike prisilile, da se udalji od optimuma transportnih troškova.

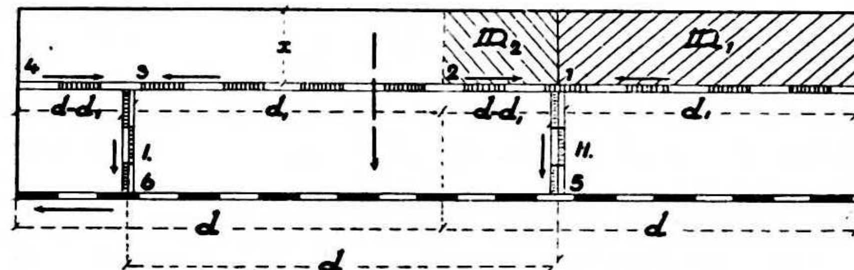
Ako čekrk spaja dva prometala na kojima je $v_1 = v_2$ iznosi d_1 po obrascu 37):

$$d_1 = \frac{d}{2}\left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) = d$$

što znači, da treba graditi čekrk po mogućnosti odmah na početku etaže, tako da se sva masa gornje etaže transportira samo u pravcu otpreme.

Da bi etaže bile što bolje podijeljene, a uz to da koturače d_1 i $(d - d_1)$ zadrže najpovoljniji pozitivni (gravitacioni) nagib moraće se nekada čekrk da smjesti više prema sredini dužine etaže.

Postoji čekrk I, slika 36:



Slika 36

koji spušta sa koturače od tačke *2* do *4* drvnu masu na parnu prugu kod tačke *6*. Pošto na koturaču pada i masa $M = M_1 + M_2$, nastaje pitanje, dali je bolje transportirati M preko tačaka *2-3-6* na parnu prugu ili izgraditi novi čekrk broj II i spustiti M preko tačaka *1-5-6*. Transport mase M od tačke *5-6* parnom prugom biće jeftiniji od transporta koturačom od tačke *2-3*, ali zato će doći novi trošak gradnja čekrka C. Pod troškom C razumijeva se gradnja čekrkove pruge, kućice i montiranje postrojenja (kočnice) kao i kasnije demontiranje cijelog čekrka. I u jednom i u drugom slučaju stalni troškovi k_1, k_2 i k_c ostaće nepromjenljivi. Isto tako se mora graditi i parna pruga od tačke *6-5*, da pokupi donju etažu. Zato ovi

troškovi n e d o l a z e u slijedeći račun. Koliko mora biti rastojanje d, da se isplati gradnja čekrka broj II, koji ima da spusti masu M ?

1) Troškovi transporta, da stigne masa $M = M_1 + M_2$ do tačke 1, odnosno tačke 5, jer se k_c izostavi, iznose:

$$\frac{axv_1 d_1^2}{2} + \frac{axv_1 (d-d_1)^2}{2} = axv_1 d_1^2 - axv_1 dd_1 + \frac{axv_1 d^2}{2};$$

2) Troškovi transporta M od tačke 5 do tačke 6 iznose:

$$axv_2 d^2;$$

3) Troškovi gradnje čekrka iznose: C;

4) Troškovi transporta mase M do tačke 2 iznose:

$$\frac{axv_1 d^2}{2};$$

5) Troškovi transporta mase M od tačke 2 do 3 odnosno do 6 (jer se k_c izostavi), iznose:

$$axv_1 dd_1$$

Izjednačimo troškove 1), 2), 3) sa 4) i 5)

$$axv_1 d_1^2 - axv_1 dd_1 + \frac{axv_1 d^2}{2} + axv_2 d^2 + C = \frac{axv_1 d^2}{2} + axv_1 d d_1$$

$$2dd_1 - d_1^2 - \frac{v_2 d^2}{v_1} = \frac{C}{axv_1}$$

Za d_1 stavimo u gornju jednadžbu po obrascu 30)

$$d_1 = \frac{d}{2} + \frac{d v_2}{2 v_1}$$

da dobijemo:

$$3 v_1^2 d^2 - 2 v_1 v_2 d^2 - v_2^2 d^2 = \frac{4Cv_1}{ax}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Cv_1}{ax (3 v_1^2 - 2 v_1 v_2 - v_2^2)}} \qquad 31)$$

Primjer: $C = 30.000$ Din, $v_1 = 0.00044$ Din, $v_2 = 0.0002$ Din, $a = 0.025$ m³ $x = 500$ m, $d = ?$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 30.000 \times 0{\cdot}00044}{0{\cdot}025 \times 500\,(3 \times 0{\cdot}00044^2 - 2 \times 0{\cdot}00044 \times 0{\cdot}0002 - 0{\cdot}0002^2)}} = 3402\ m.$$

Kod etaže, dugačke $2d = 2 \times 3402 = 6.804$ m ili više, već se isplati graditi i drugi čekrk, 3402 m dalje od prvog čekrka.

Slična promatranja, kao za čekrk, mogu se izvesti i za traktorske pruge i uspinjače, koje vuku drvnu masu etaža, koje leže ispod samostalne pruge.

G) MINIMALNI TROŠKOVI OTPREME

Kod dosadašnjih promatranja vidjeli smo, da u svim računima važnu ulogu igra širina pojasa, kojeg izvjesna pruga pokuplja i kojeg smo obilježavali sa znakom x. Glavni je zadatak ove rasprave, da utvrdi njegovu optimalnu vrijednost.

Na ravnom terenu biće širina pojasa drugačija nego na strmom kosom terenu, jer će se drvna masa izvlačiti u prvom slučaju sa obje strane na prugu, a u drugom slučaju s a m o s a g o r n j e s t r a n e. Označimo zato optimalnu širinu za r a v a n t e r e n sa x_r, a za kosi teren sa x_k. Oznaka za ravan i kosi teren nije dovoljno precizna. x_r znači optimalnu širinu, kad na prugu pada s a d e s n e i l i j e v e s t r a n e po prilici j e d n a k o širok pojas šume sa istim troškom i, a ovaj se slučaj dešava češće na alpskom terenu, kad pruga prolazi dolinom, a lijevo i desno su k o s e jednake širine. Za slučaj da pruga prolazi dolinom (jarkom), koja je sa tri strane zatvorena, pada na svršetku pruge masa sa t r i strane na nju sa lijeve, desne i sprijeda. Onda x_r daje n e š t o v e ć u vrijednost od optimalne.

x_k je zamišljen za slučaj, kad drvna masa pada s a m o s a j e d n e s t r a n e na prugu, što dolazi uglavnom na kosom terenu kod etažnih pruga. Ali nije isključeno da se i na ravnom terenu desi slučaj, da koji ogranak pruge pokuplja masu samo sa jedne strane.

Kod daljnjih računa pretpostavljamo, da je gustoća mase na plohi P, za koju tražimo optimalnu širinu pojasa jednolična, kao i da su pojasi između pruga pravokutnog oblika.

Troškovi izvlačenja, po obrascu 5) iznose:

$$I = M k_i + M i x p_i;$$

Troškovi gradnje pruga, po obrascu 20) iznose

$$G=\frac{Pg}{x}$$

Troškovi transporta, po obrascu 25) iznose:

$$V=M\,k+\frac{MPvp}{x}$$

Troškovi I, G i V ovise o promjenljivici x, oni su funkcija promjenljivice x u znacima:

$$Y=M\,k_i+M\,i\,x\,p_i+\frac{Pg}{x}+M\,k+\frac{M\,P\,v\,p}{x} \qquad 32)$$

Ova će funkcija (ukupni troškovi otreme) postići najmanju vrijednost, kad njezin diferencijalni kvocijent bude jednak nuli, u znacima:

$$\frac{dY}{dx}=M\,i\,p_i-\frac{Pg}{x^2}-\frac{M\,P\,v\,p}{x^2}=0$$

$$M\,i\,p_i\,x^2=P\,g+M\,P\,v\,p \qquad 33)$$

$$x=\sqrt{\frac{P}{M\,i\,p_i}\,(g+M\,v\,p)} \qquad 34)$$

Obrazac 34) prestavlja opći oblik za izračunavanje optimalne gustoće transportne mreže.

a) Na kosom terenu, po obrascu 2) iznosi $p_i=\frac{1}{2}$, onda je

$$x_k=\sqrt{\frac{2\,P}{M\,i}\,(g+M\,v\,p)} \qquad 35)$$

Ako se radi samo o jednoj pruzi, sa jednim pojasom šume, po obrascu 23) odnosno 24) iznosi $p=\frac{1}{2}$, onda je:

$$x_k=\sqrt{\frac{2\,P}{M\,i}\left(g+\frac{M\,v}{2}\right)} \qquad 36)$$

b) Na ravnom terenu, po obrascu 4) iznosi koeficijent $p_i=\frac{1}{4}$, onda je:

$$x_r=\sqrt{\frac{4\,P}{M\,i}\,(g+M\,v\,p)} \qquad 37)$$

Ako se radi samo o jednoj pruzi, za dva pojasa šume, obično iznosi $p=\frac{1}{2}$, onda je:

$$x_r=\sqrt{\frac{4\,P}{M\,i}\left(g+\frac{M\,v}{2}\right)} \qquad 38)$$

Stalni troškovi k_i i k ne uplivišu na gustoću transportne mreže.

Ako obadvije strane jednažbe 33) podijelimo sa x dobićemo:

$$M\,i\,x\,p_i=\frac{Pg}{x}+\frac{MPvp}{x} \qquad 39)$$

Po obrascu 5) lijeva strana jednažbe pretstavlja ovisne troškove izvlačenja, po obrascima 20) i 25) desna troškove gradnje i ovisne troškove transporta.

Iz obrasca 39) slijedi pravilo: Minimalni troškovi gradnje i otpreme postignu se onda, kad se ovisni troškovi izvlačenja izjednače sa troškovima gradnje produktivnih i mrtvih pruga zajedno sa ovisnim troškovima transporta na njima.

Kao što smo trošku g dodali izvjestan procenat za gradnju mrtvih pruga, analogno dodajemo i trošku v izvjestan procenat za transport preko mrtvih pruga, već prema prilikama. Za transport preko staničnih kolosjeka ne dodaje se ništa.

Ako stavimo, po obrascu 19) za $x=\frac{P}{d}$ u jednažbu 32), dobijemo:

$$Y = Mk_i + \frac{MPip_i}{d} + gd + Mk + Mvp\,d \qquad 40)$$

$$\frac{dY}{dd.} = -\frac{MPip_i}{d^2} + g + Mvp = 0$$

$$MPip_i = d^2\,(g + Mvp)$$

$$d = \sqrt{\frac{MPip_i}{g + Mvp}} \qquad 41)$$

Time smo dobili opći obrazac za izračunavanje ukupne dužine produktivne transportne mreže u m.

Slično kao kod obrasca 35) do 38) dobijemo za specijalne slučajeve d kako slijedi:

$$a)\ za\ p_i = \frac{1}{2};\ d_k = \sqrt{\frac{MPi}{2\,(g + Mvp)}},$$

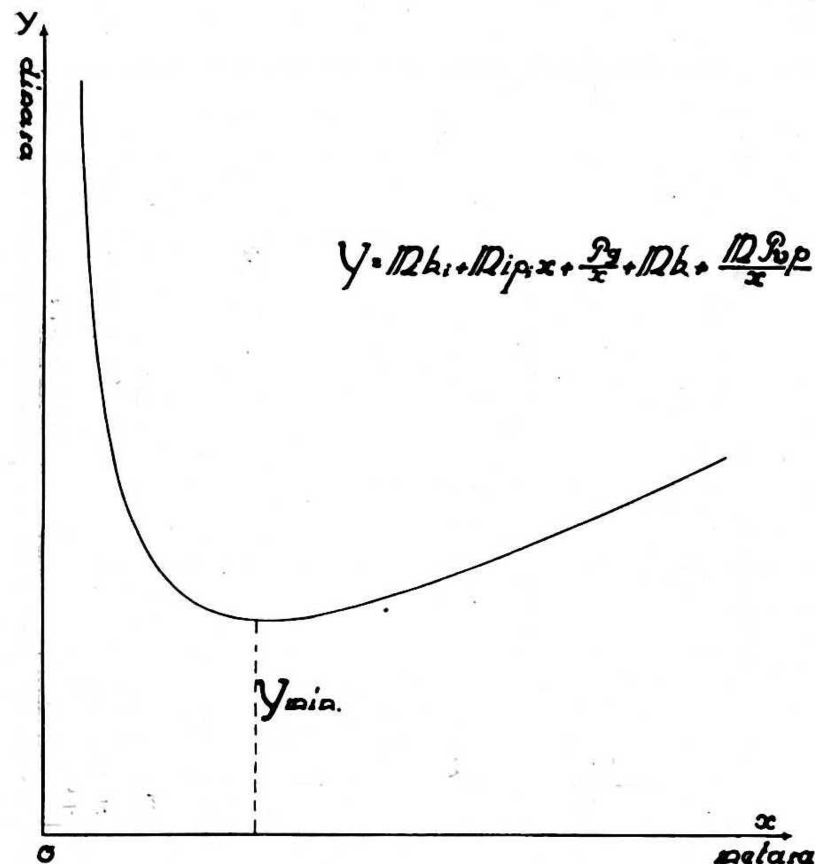
$$za\ p = \frac{1}{2};\ d_k = \sqrt{\frac{MPi}{2g + Mv}},$$

$$b)\ za\ p_i = \frac{1}{4};\ d_r = \sqrt{\frac{MPi}{4\,(g + Mvp)}},$$

$$za\ p = \frac{1}{2};\ d_r = \sqrt{\frac{MPi}{4g + 2Mv}},$$

Po pravilu o minimumu, $f\,(x)$ postigne minimum onda, ako je $f''(x)$ veći od nule, inače postigne maksimum. U našem slučaju je $f''(x) = 2\left(\frac{Pg + MPvp}{x^3}\right) \gtrless 0$ već prema tome, dali je x pozitivan ili negativan, što znači, da funkcija ima dvije krivulje. Krivulja ovisnih troškova Y_o pretstavlja hiperbolu, kojoj ordinata služi za asimptotu. Kad se i stalni troškovi uzmu u obzir, snizuje se koordinatni početak za veličinu $Mk_i + Mk$.

U našim razmatranjima nas zanima krivulja funkcije Y kod pozitivnoga x, slika 37:



Slika 37

Y raste od minimuma Y_{min} prema koordinatom početku brže nego na obratnu stranu. Ako traser nije mogao uložiti optimalnu gustoću transportne mreže na terenu, veća je vjerovatnost, da se je manje udaljio od optimalnih troškova, ako je izgradio rjeđu mrežu, nego kad bi izgradio gušću od izračunate. Primjer: Ako je za izvjesne prilike optimalna gustoća utvrđena sa $x = 400$ m, međutim se na terenu može uložiti samo mreža gusta $x_1 = 380$ m ili $x_2 = 420$ m, onda treba uložiti $x_2 = 420$ m, jer je u tom slučaju $Y_2 \angle Y_1$.

U praksi bi se dosada rastumačeni obrasci primjenjivali po prilici na slijedeći način: U odjelima 37, 38, 40 b, 42, 43 i 44 a, koji tvore jedan zaokruženi šumski kompleks, a leže na kršnoj visoravni sa jednom većom uvalom i par manjih kosa, treba izgraditi produktivnu mrežu koja će se razviti iz već postojećih primarnih i sekundarnih spojnih pruga. Iza ovog kompleksa leži još jedan kompleks šume, koji preko ovog prvog gravitira na već postojeće spojne pruge.

Iz knjige „Opis sastojina“ sastavimo prvi dio slijedeće skrižaljke. Drugi dio ispunimo nakon temeljitog studija terena na karti i u prirodi, te nakon sravnivanja istoga sa provedenom eksploatacijom na sličnim terenima.

Broj odjela	Površina ha	Faktična zaliha na 1 ha ča m³	Faktična zaliha na 1 ha bu m³	Faktična zaliha na cijeloj plohi ča m³	Faktična zaliha na cijeloj plohi buk m³	Intenzitet ča %	Intenzitet bu %	Preliminirana masa = doznačenoj masi čam m³	Preliminirana masa = doznačenoj masi buk m³	Iskorišćenje ča %	Iskorišćenje bu %	Masa za otpremu čam m³	Masa za otpremu buk m³	Gustoća mase za otpremu m³/m²	Balvani čam %	Balvani buk %	Za otpremu balvani čam m³	Za otpremu balvani buk m³	Za otpremu cjepanice čam m³	Za otpremu cjepanice buk m³
37	114'50	500	150	57250	17175	50	50	28625	8587	70	80	20037	6869	0'0235	85	25	17031	1717	3006	5152
38	109'78	500	80	54890	8782	50	40	27445	3513	60	90	16467	3162	0'0178	85	25	13997	790	2470	2372
39	73'35	500	80	36675	5868	50	40	18337	2347	70	90	12836	2112	0'0203	80	20	10269	422	2567	1690
40 b	47'66	450	130	21447	6196	30	30	6434	1859	70	80	4504	1487	0'0126	80	30	3603	446	901	1041
42	130'00	750	220	97500	28600	60	50	58500	14300	70	80	40950	11440	0'0403	85	20	34807	2288	6143	9152
43	90'45	70	380	6332	34371	30	40	1900	13748	60	90	1140	12373	0'0149	70	30	798	3712	342	8661
44 a	107'30	500	18	53650	19314	50	50	26825	9657	70	90	18778	8691	0'0256	90	20	16900	1738	1878	6953
Svega	673'04											114712	46134	0'0221			97405	11113	17307	35021

Iz skrižaljke izvadimo $P = 6730400\ m^2$, $M = 160846\ m^3$, $a = 0.022\ m^3$. Trošak i za jelove balvane kod izvlačenja nizbrdo na blagom padu utvrdimo sa 0.0321 Din, uzbrdo sa 0.0534 Din. Procijenjeno je da će se cca $^1/_4$ mase izvlačiti uzbrdo, a $^3/_4$ nizbrdo. Prosječni je trošak i za jelove balvane $= \frac{0{,}0321 \times 3 + 0.0534 \times 1}{4} = 0.0374$ Din. Po objašnjenju u poglavlju „Izvlačenje" str. 25, biće trošak za bukove balvane $1.53 \times 0.0374 = 0.0572$ Din., za bukove cjepanice $0.63 \times 0.0374 = 0.0236$ Din., za jelove cjepanice $0.43 \times 0.0374 = 0.0161$ Din (sve u m^3 a ne prostornim metrima). Da dobijemo za cijeli kompleks prosječni i multipliciramo sortimente, izračunate u prednjoj skrižaljci, sa odgovarajućim troškom izvlačenja, te ukupnu sumu dijelimo ukupnom masom za otpremu:

$$i = \frac{97405 \times 0.0374 + 11113 \times 0{\cdot}0527 + 35021 \times 0.0236 + 17307 \times 0{\cdot}0161}{160846} =$$

$$= 0{\cdot}0335 \text{ Din.}$$

Pošto se područje eksploatiše sa parnim prugama i koturačama, to po obrascu 29) izračunamo još ekonomičnu dužinu koturača. Glavna će pruga biti parna, pošto treba još da se produži i u naredni šumski kompleks, te je procijenjena na 3.000 m. Ako odredimo dozvoljenu dužinu pojedinih odvojaka koturača, pronaći će se omjer između dužine parnih pruga i koturača i time se odrediti iz g_1 i g_2 prosječni trošak gradnje g. Ako imamo podataka, u kome su omjeru bile građene parne pruge i koturače na sličnom terenu, (na pr. 1 : 3), mogli bi g i na ovaj način odrediti.

$$d_e = \frac{g_2 - g_1}{a\,x\,(v_1 - v_2)} - \frac{k_1 + u\,p_u}{v_1 - v_2}$$

Stavimo za $g_2 = 66$ Din, $g_1 = 21$ Din, $a = 0.0221$, x cjenimo na 450 m, $v_1 = 0.00038$ Din, $v_2 = 0.00020$ Din, $k_1 = 3.80$ Din, $u = 4.00$ Din. Ako će se sve cjepanice morati pretovarati na početku koturače, a balvani ne, onda je

$$p_u = \frac{17307 + 35021}{160846} = 0{,}33$$

$$d_e = \frac{66 - 21}{0{,}0221 \times 450\ (0{,}00038 - 0{,}00020)} - \frac{3{\cdot}80 + 4 \times 0{,}33}{0{,}00038 - 0{\cdot}00020} =$$

$$= 25138 - 28444 = -3306\ m$$

Iz negativnog rezultata slijedi, da koturače zbog velikog procenta cjepanica, koje treba pretovariti kod $x = 450$ m nisu rentabilne.

Trošak g biće zbog prednjeg jednak $g_1 = 66$ Din. Ali obzirom na mrtve stanične koloseke dodajemo još 0.04 m $\times$ 66= 2.64 Din. Onda je $g = 68.64$ Din.

Trošak v na horizontali ili na povoljnom pozitivnom nagibu iznosi 0.0002 Din m³/m. Cijenimo li da će se iz jedne uvale 20.000 m³ transportirati uzbrdo po cijeni 0.0004 Din, a udaljenost težišta transporta da će iznositi 2 000 m, ostala masa okruglo 140.000 m³ prevešće se uglavnom horizontalom na prosječnu udaljenost ca 1.500 m.

Prosječni trošak iznosi onda:

$$v = \frac{20.000 \times 2.000 \times 0{\cdot}0004 + 140.000 \times 1.500 \times 0.0002}{20.000 \times 2.000 + 140.000 \times 1.500} =$$

$$= 0{\cdot}000232 \ Din\ /m^3/m$$

Još treba odrediti koeficijent p. Uzmimo da će x iznositi oko 450 m, onda bi bio:

$$d = \frac{P}{x} = \frac{6730400}{450} = 14.956 \ m$$

Ako težište transporta po konfiguraciji terena cijenimo na ca 2000 m daleko od kraja spojne pruge, onda je

$$p = \frac{2000}{14956} = 0{\cdot}13372$$

Time imamo sve podatke za izračunavanje x prema obrascu 37) i 35).

$$x_r = \sqrt{\frac{4P}{Mi}(g + M v p)} =$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 6730400}{160846 \times 0{\cdot}0335}(68{\cdot}64 + 160846 \times 0{\cdot}000232 \times 0{\cdot}13372)}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 6730400}{160846 \times 0{\cdot}0335} \times 73{\cdot}63} = \sqrt{4996 \times 73{\cdot}63} =$$

$$= \sqrt{367855} = 606.5 \ m$$

$$x_k = \sqrt{\frac{2P}{Mi}(g + M v p)} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 6730400}{160846 \times 0{\cdot}0335}(68{\cdot}64 + 160846 \times 0{\cdot}000232 \times 0{\cdot}13372)}$$

$$= \sqrt{183{,}938} = 428{\cdot}9 \ m$$

Pošto će na tom terenu biti pruga, koje pokupljaju masu sa obe strane i onih koje pokupljaju masu samo sa jedne strane, to ćemo uzeti sredinu između x_r i x_k kao najvjerovatniju optimalnu vrijednost x

$$x = \frac{x_r + x_k}{2} = \frac{606{\cdot}5 + 428{\cdot}9}{2} = 517{\cdot}7 \ m$$

Dužina transportne mreže iznosiće prema obrascu 19)

$$d = \frac{P}{x} = \frac{6730400}{517{\cdot}7} = 13000 \ m.$$

Da bismo odredili p koji je ovisan o gustoći x, cijenili smo x na 450 m. Sada bi mogli p ponovo izračunati na osnovu izračunatog $x = 517{\cdot}7$ m, te cijeli račun ponoviti. Ali pošto je Mvp srazmjerno neznatna veličina to bi se x promjenio samo za par metara, a to nema praktične vrijednosti. Što je veći Mvp to će prije nastati slučaj, da će se ipak morati cijeli račun ponoviti zbog loše procjene x. Svejedno ostanu uvjek mjerodavni faktori: troškovi izvlačenja i troškovi gradnje pruga. Troškovi transporta obično su mnogo manji.

Sa x odnosno d dobio je traser samo jednu opću orijentaciju, pomoću koje će riješiti generalno glavne produktivne žile i time podijeliti plohu P na više manjih ploha. Prugu, za koju je određeno da će pokupljati susjedni kompleks, istrasiraće barem do kojeg mjerodavnog sedla, a najbolje je, ako je može svršiti do kraja njene buduće dužine.

Iz prednje skrižaljke se vidi, da se gustoća mase kreće od 0.0126 do 0.0403 m³. U odjelima sa manjom masom treba rijeđa mreža i obrnuto. Za svaku novu plohu treba provesti novi račun sličan prednjem i odrediti x (već prema potrebi x_k ili x_r). Na plohama sa malom gustoćom mase i sa malim procentom cjepanica i težem terenu provešće se ponovno po obrascu 29) račun o rentabilnosti koturača, koje su kao odvojci parne pruge često vrlo ekonomične.

Kako je već spomenuto, nije lako na složenom terenu racionalno uložiti izračunatu gustoću produktivne mreže. Ako je traser na jednoj manjoj plohi P_1 izračunao izvjesnu dužinu, ali je nije mogao cijelu uložiti, udaljio se je od optimalnih troškova, poskupio je iste za izvjesnu svotu e_1. Na drugoj plohi P_2 uložio je silom prilika veću dužinu od izračunate i poskupio otpremu za e_2, na trećoj plosi P_3 može da racionalno uloži izračunatu dužinu, a može, i više ili manje. Pogrešno bi radio kad bi sada htjeo postići u početku izračunatu dužinu d time, što bi na plohi P_3 uložio dužinu $d_3 = d - d_1 - d_2$, koja ne odgovara optimalnoj dužini za P_3, jer je:

$$y_{min} \angle (y_1 + e_1 + y_2 + e_2 + y_3) \angle (y_1 + e_1 + y_2 + e_2 + y_3 + e_3)$$

Na svakoj najmanjoj plosi treba se što više približiti optimumu, da bi ukupni troškovi bili što bliži y_{min}.

Kod detaljnog ulaganja mreže uzimaće se obzir na promjenu gustoće mase, na njena pojedina težišta, na promjenu terena u pogledu gradnje itd., imajući stalno u vidu sve tri vrste troškova I, G i V. Pri tome treba se služiti principima i obrascima, koji su već objašnjeni u poglavljima o izvlačenju, o transportu i o gradnji pruga.

Kod produktivnih pruga rado se griješi, posvećujući glavnu pažnju troškovima gradnje. Kod spojnih pruga poklanja se obično veća pažnja troškovima prosjecanja, a manja troškovima polaganja i transporta, što je također pogrešno.

Stavimo za spojnu prugu sa nabavom tračnica $g = 125$ Din, $v = 0.0002$ Din, onda već kod $M = \frac{g}{v} = 625.000$ m³ iznose troškovi transporta isto toliko kao i troškovi gradnje.

Na svakoj plohi je moguće položiti bezbroj pruga. Na osnovu izloženih momenata, traser će odbaciti većinu mogućih trasa, te izabrati samo nekoliko najboljih varijanata, i njih detaljnije proučiti, da bi se konačno mogao odlučiti za najbolju. Dosjetljivost i kombinatorna sposobnost dolazi i tu do izražaja. Ova se sposobnost uvećava studiranjem drugih šumskih pruga.

Ako u jednadžbu 32) u kojoj izostavimo stalne troškove, stavimo za x vrijednost obrasca 34), dobijemo ukupno ovisne troškove otpreme kod optimalne transportne mreže u znacima:

$$Y_o = \sqrt{2\,M\,P\,l\,p_i\,(g + M\,v\,p)} \qquad 42)$$

Kako velik upliv ima intenzitet sječe, neka pokaže ovaj primjer:

a) U jednadžbu 41) i 42) stavimo za $P = 5.000.000$ m², $M = 75.000$ m³, $l = 0.03$ Din, $g = 50$ Din, $v = 0.0003$ Din, $p = 0.25$, $p_l = 0.50$. Onda je $d = 10.056$ m, $Y_o = 791063$ Din. Ovisni troškovi otpreme iznose po 1 m³ $\frac{Y_o}{M} = 10.55$ Din.

b) Ako u jednadžbe stavimo iste podatke kao kod a) i jedino masu za otpremu uvećamo dvaputa na $M = 150000$ m³ iznosi $d = 13.550$ m, $Y_o = 1,173.936$ Din, međutim $\frac{Y_o}{M}$ iznosi samo 7.83 Din/m³.

Navedeni primjer pokazuje da je kod veće gustoće drvne mase i optimalna mreža gušća, ali su troškovi otpreme po kubiku jeftiniji. Zato eksploatator tuđe šume nastoji da postigne što veći intenzitet sječe.

Promatrajući stare produktivne mreže poznatog trasera gosp. Gotlieba Helda u planini Grmeč, na plosi od cca 5.200 ha, našli smo mrežu od cca 50.000 m parnih pruga, 160.000 m koturača i 10.000 m čekrka. Prosječna dužina čekrka koji je vezao dvije etaže iznosila je 316 m. Razmak od čekrka do čekrka iznosio je prosječno ispod 5.000 m (koliko ispod 5.000 m nije utvrđeno).

Na 1 ha reducirano, dođe 10 m parnih pruga, 30 m koturača i cca 2 m čekrka. Na 1 ha otpada 40 m produktivnih pruga, a prosječno x_k iznosi 250 m. Pošto je teren brdovit, to se masa izvlačila uglavnom samo sa jedne strane na prugu. Njezino težište bilo je oko $\frac{250}{2}$ m udaljeno od pruge.

Ova je mreža za današnje prilike pregusta. Sve izgleda, da se je ovaj iskusni traser ipak kretao oko optimalne gustoće, ako se pomisli, da je intenzitet sječa u ono doba bio veći, a troškovi izvlačenja, zbog oskudice konja u okolini, skuplji.

Što je mreža gušća, to pruge zauzimaju veći dio šumske plohe. Kod $x = 250$ m i širine pruge 3 m. iznose pruge 1.2%

od cjelokupnog P. Ipak o kakvoj osjetljivoj šteti za produkciju drvne mase nemože biti govora, jer su pruge uske, a uz to omogućuju stablima uz njih veći prirast.

Troškovi otpreme sastoje se s jedne strane iz izvlačenja, a sa druge iz gradnje i transporta. Međutim i izvlačenje ima svoje puteve i troškove oko gradnje istih, koji su ukalkulisani u trošak i, kao što i transport ima troškove gradnje voznih prometala. Nastaje pitanje, gdje je granica između jednih i drugih.

Šumska prometala sastoje se iz:

a) mreže kojom se izvlači (putevi izvlačenja),
b) mreže na koju se izvlači (produktivne pruge),
c) mreže na koju se ne može izvlačiti (mrtve pruge).

Prema tome troškovi za mrežu pod a) idu u troškove izvlačenja, a troškovi pod b) i c) u troškove gradnje produktivne mreže. Naročito na alpskom terenu može doći do zabune, šta da se računa na jednu, a šta na drugu stranu. Potpođenim putem na pr. „izvlače" se balvani do pruge, ali on ne spada u puteve za izvlačenje nego u produktivnu mrežu. Da bi se mogla sigurnije povući granica između ovih troškova treba imati na umu, da putevi za izvlačenje idu na kosom terenu više manje okomito na slojnice, dok produktivna mreža ide uglavnom paralelno sa slojnicama. Mrtva mreža (osim staničnih kolosjeka) ide slično kao putevi za izvlačenje, ali se po njoj ne može izvlačiti.

Na jednom području koje ima karakter alpskog terena i koje se sastoji od strmih kosa te dugih dolina i jaraka sa potocima, nepodesnim za plavljenje, izgrađena je bila na površini od 2280 ha produktivna mreža. Ona se sastojala iz 22.00 km potpođenih puteva, 4.2 km suhih točila i 20.8 km parnih pruga; svega 47 km produktivne mreže. Prosječna gustoća $x = \frac{22800000}{47000} =$ $= 485$ m. Pošto su prometala smještena u dolinama i jarcima, pokupljaju sa lijeve i desne strane šumu u prosječnoj širini od $\frac{485}{2} = 242$ m. Ako pretpostavimo, da se težište drvne mase poklapa sa težištem plohe, to se izvlačenje vrši na prosječnu udaljenost od $\frac{242}{2} = 121$ m.

Dali se ova mreža podudara sa optimalnom, nije bilo moguće utvrditi zbog oskudnosti dobivenih podataka. Svakako alpski teren sa svojim dolinama i jarcima diktira traseru kuda mora ići sa gradnjom prometala, ne vodeći toliko računa o gustoći, dok naprotiv kršni teren ostavlja traseru veću slobodu. Ali iz ove slobode proizlazi i dužnost, da se traser što više približi optimalnoj gustoći.

Naprijed izloženi principi optimalne mreže vrijede za sva prometala i za sve terene, samo što je ove kod izvjesnih prometala i terena lakše primjeniti, a kod drugih teže ili čak nikako.

Traser treba da ove principe dobro poznaje, te da vlada što većim šumarskim i tehničkim znanjem, jer mu je ono potrebno na svakom koraku. Izloženi obrasci ne mogu se šablonski upotrebljavati, nego njihov smisao treba shvatiti, te ih razumno primjenjivati. Teren je zajedno sa radovima eksploatacije suviše komplikovan, da bi ga jednostavna formula mogla potpuno obuhvatiti. Potrebno je mnogo računa, mnogo kalkulacija, da se dođe do što boljih transportnih naprava. Opasno je trasiranje po „osjećaju". Taj se „osjećaj" može razviti tek nakon mnogih kalkulacija i duge prakse, a to onda nije više osjećaj nego iskustvo.

Kao što za taksatora postoji ideal normalne šume, kojoj nastoji što više prilagoditi konkretnu šumu, tako i optimalna šumska transportna mreža pretstavlja za trasera ideal, kojemu on mora usmjeriti sva svoja nastojanja.

H) LITERATURA.

ANGERHOLZNER: Bau und Betrieb der Waldeisenbahnen, Wien 1914,

AUEROCHS: Praktische Anleitung für das Projektieren und den Bau von Waldwegen, Berlin 1913,

CZUBER: Vorlesungen über Differential und Integralrechnung, Leipzig 1924,

FLÖGL: Građevna mehanika, Zagreb 1931,

FLÖGL: Šumska prometala, Zagreb 1928,

FLÖGL: Šumska prometna sretstva, Zagreb 1933,

FLÖGL: Šumska prometna sretstva iz „Pola stoljeća šumarstva" str. 504 — 510, Zagreb 1926,

FÖRSTER: Das forstliche Transportwesen, Wien 1885,

FÜRST: Die Hundertjährige Eisenbahn, Berlin 1925,

HINNENTAHL: Eisenbahnfahrzeuge, Berlin 1921,

HITSCHMAN — MARCHET: Vademekum für die Forst- und Holzwirtschaft, Wien 1928,

Inženýrské stavby lesnické (skripta). Prag 1923,

KUNC: Aritmetika in algebra, Ljubljana 1934,

PETERSEN: Die zweckmässigste Neigung der Eisenbahn, Berlin 1921,

SAVIĆ: Građenje željeznica, Beograd 1934,

TSCHAEN: Das Kraftfahrzeug im Dienste der Forstwirtschaft, Neundamm 1925,

UGRENOVIĆ: Iskorišćavanje šuma, Zagreb 1934,

ВАСКОВИЋ: План будуће железничке мреже у Краљевини Срба, Хрвата и Словенаца, Београд 1924,

VONDERLINN: Statit für Hoch und Tiefbautechniker, Bremerhaven 1922.

ISPRAVKE

1) Strana 18, slika 3 ima naznačenu udaljenost od težišta $\frac{x}{4}$, a treba pisati $\frac{x}{3}$.

2) Strana 28 u 11 redu stoji „pretežni dio“, a treba pisati „veliki dio“.

3) Strana 35 u 3 redu stoji „sedlova“, a treba pisati „sedla“.

4) Ostale gramatičke greške molimo, da čitalac ispravi sam.